

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

"IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DIDÁCTICO PARA EL SISTEMA DE ADMISIÓN VARIABLE CON VÁLVULA REGULADORA DE TURBULENCIA (VSA) PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ"

MONTAGUANO GUATO JORGE ERNESTO

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2014

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2011-07-26

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

JORGE ERNESTO MONTAGUANO GUATO

Titulada:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DIDÁCTICO PARA EL SISTEMA DE ADMISIÓN VARIABLE CON VÁLVULA REGULADORA DE TURBULENCIA (VSA) PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Carlos Santillán Mariño
DIRECTOR DE TESIS

Dr. Mario Audelo Guevara
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: JORGE ERNESTO MONTAGUANO GUATO

TÍTULO DE LA TESIS: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DIDÁCTICO PARA EL SISTEMA DE ADMISIÓN VARIABLE CON VÁLVULA REGULADORA DE TURBULENCIA (VSA) PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

Fecha de Examinación: 2013-12-09

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santilla Gallegos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Carlos Santillán Mariño DIRECTOR DE TESIS			
Dr. Mario Audelo Guevara ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: ______________________________

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Santillán Gallegos
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORIA

Jorge Ernesto Montaguano Guato

DEDICATORIA

El presente proyecto va dedicado a Dios, a mi Madre, Familiares y Amigos quienes me han apoyado económicamente y moralmente a realizar con esfuerzo y dedicación de éste proyecto, que se realizó en beneficio de los estudiantes de la Escuela De Ingeniería Automotriz.

Jorge Montaguano Guato

AGRADECIMIENTO

Primeramente a Dios, por darme salud, a mi Director de tesis Ing. Carlos Santillán, y Asesor de tesis Dr. Mario Audelo y amigos, quienes me han ayudado con su sabiduría para realizar el presente proyecto.

Jorge Montaguano Guato

CONTENIDO

LISTA DE TABLAS

Pág.

LISTA DE FIGURAS

Pág.

SIMBOLOGÍA

t	Tiempo	*ms*
V	Voltaje	
I	Intensidad Amperios	*Am*
θ	Angulo del servomotor	° *grados*
ΔL	Expansión térmica	*mm*
α	Coeficiente de expansión térmico	$mm°K$
q	Carga distribuida	$\frac{N}{m}$
V	Esfuerzo cortante	*N*
E	Módulo de elasticidad	$\frac{N}{m^2}$
I_x	Momento de inercia	m^4
$\Delta_{MÁx}$	Deformación máxima	*mm*
M	Momento	Nm
S	Sección	
τ_F	Esfuerzo máximo	$\frac{N}{mm^2}$
η	Factor de seguridad	
F	Fuerza	*N*
R_M	Fuerza puntual del servomotor	*N*
τ_A	Esfuerzo de compresión	$N/_{mm^2}$
T	Torque	$Nm\ o\ Kg * cm$
Q	Caudal	m^3/s
v	Velocidad	*m/s*

LISTA DE ABREVIACIONES

RPM	Revoluciones por minuto
VSA	Sistema de admisión variable
CRDI	Common rail diesel inyeccion
BMW	Bayerische Motoren Werke
VTG	Turbo de geometría variable
ALH	Turbo de geometría variable
TDI	Turbo diésel inyección
ECM	Módulo de control electrónico
MAF	Sensor de flujo de masa de aire
IAT	Sensor de temperatura de aire de admisión
ECT	Sensor de temperatura del refrigerante del motor
THA	Voltaje de señal del sensor IAT
THW	Voltaje de señal del sensor ECT
EVAP	Sistema de control de evaporación de gases
VG	Voltaje de tención
USB	Universal Serial Bus
SDA	Línea de datos
SCL	Línea de reloj
AREF	Referencia analógica
PWM	Modulación por ancho de pulso

RF	Radiofrecuencias
LabVIEW	Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench
DLL	Dynamic link libraries. (Librerías dinámicas de enlace)
.inf	INF son los más utilizados para la instalación de controladores de dispositivos para los componentes de hardware
SDA	Sistema De Admisión
MHz	Megahertzio

LISTA DE ANEXOS

RESUMEN

La implementación del tablero didáctico para el sistema de admisión variable con válvula reguladora de turbulencia (VSA) para la Escuela de Ingeniería Automotriz tiene como objetivo dotar de una herramienta práctica de enseñanza y aprendizaje que permite adquirir conocimiento y destreza a través de la comprensión del funcionamiento de la purificación aire que ingresa al motor.

La recopilación de información permitió determinar y comprender los problemas que se presentan al encender el motor a bajas temperaturas de funcionamiento fase en dónde no se presenta la suficiente turbulencia; situación que varía cuando se accionan las válvulas reguladoras. En base a los componentes del vehículo Hyundai Terracan 2.9 litros CRDI se pudo establecer diseño de ruta de la ubicación de los componentes del sistema de admisión variable en construcción, dónde los componentes más importantes son depurador, sensor MAF-IAT, turbo, intercooler, colector de admisión. Así mismo, se requirió de una placa electrónica Arduino UNO R3 para realizar el interfaz con los sensores.

Al ser necesario simular la variación de temperatura del motor se adecuo al banco didáctico un potenciómetro que trabaje como un sensor ECT; esto permite obtener diferentes niveles de calor para que las válvulas se cierren en frio y se abran en caliente. De esta forma se cumple con el diseño de poner en funcionamiento el sistema propuesto que constituirá la mejor manera de práctica sobre la admisión variable con válvula reguladora de turbulencia. Destrezas aprendidas que permiten al técnico entregar un servicio de calidad y participar con responsabilidad en la generación de la economía a través del conocimiento.

ABSTRACT

The implementation of the educational board for the variable intake system with swirl control valve (VSA) for Automotive Engineering School aims to provide a practical tool for teaching and learning that allows acquiring knowledge and skills through the understanding of how air purification entering the engine works.

The collection of information allowed us to determine and understand the problems that arise when starting the engine at low operating temperatures, phase where no sufficient turbulence is produced; this situation changes when the throttles are working.

Based on Hyundai Terracan 2.9 liter CRDI vehicle components, it was established a designed path location of the components of variable intake system under construction, where the most important components are: debugger, MAF-IAT sensor, turbo, intercooler, intake manifold. Likewise, it is required of an electronic Arduino UNO R3 to perform the interface with sensor.

Being necessary to simulate the temperature variation inside of the engine, it was necessary to adapt a potentiometer that works as an ECT sensor to the didactic bank; this allows obtaining different heat levels so that the valves are closed in cold and open when hot. Thus we accomplished with the aim starting up the proposed design system that will build the best way to practice admission on the variable swirl control valve. Learned skills that allow the technicians to deliver a quality service participating responsibly in generating the economy through knowledge.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En los primeros años del automóvil la forma de conseguir más potencia fue relativamente sencilla; si se quería más caballos de potencia se subía la cilindrada, o bien empleando pistones de mayor tamaño o aumentando el número de cilindros. Éste tipo de solución no presentaba problemas graves en vehículos de uso normal, pero en vehículos de competición pronto se demostró que no era la solución ideal.

También se aumentó la velocidad de giro de los motores pero la fragilidad y el aumento de espesor no favorecía lo más mínimo a la hora de competir. Ante éste problema surgió una tercera vía para conseguir más potencia. Si ésta, en definitiva dependía de la cantidad de combustible que se quemaba dentro de la cámara de combustión, si se forzaba su entrada a los mismo se conseguía más caballos de potencia sin necesidad de construirlos con cilindradas enormes o con más cilindros.

La idea de la implementación de sistemas de admisión variables se remonta al siglo XIX con los hermanos Daimler patentando un tipo de admisión en 1896, y el ingeniero Buchi también presento en 1905 la primera idea de lo que podría ser un sistema de admisión el cual lo completo en 1910 con un sistema básicamente igual al que se utiliza hoy en día. El mismo Buchi trabajo intensamente con su idea y en 1925 llega a perfeccionarlo de tal manera que su invento aún está vigente en determinados tipos de motores diésel. Para en su posterior utilización en las competencias automotrices.

El Ingeniero Automotriz de la ESPOCH, está preparado para desarrollar habilidades y necesarias para la utilización de herramientas de control eléctricas y electrónicas para dar mantenimiento y reingeniería de los sistemas en general, construcción, reconstrucción, diseño y readecuación de motores ya sea diésel o gasolina, en sus sistemas eléctricos, mecánicos, hidráulicos y de inyección electrónica, de manera que sé

cuenta con las competencias para proponer cambios de sistemas comunes que permitan corregir algunas deficiencias que adquieren los vehículos durante su funcionamiento, recalcando que uno de los objetivos principales es mantener el control y funcionamiento del vehículo y garantizar el cumplimiento del ciclo de vida útil del mismo.

1.2 Justificación

Los constantes avances tecnológicos en el área automotriz permiten contar con sistemas que ayudan a mejorar el proceso de combustión y por ende el óptimo rendimiento en cada ciclo de funcionamiento, por lo que es necesario desarrollar competencias en el personal que manejan los mismos, de tal forma que el conocimiento sobre cada sistema que conforma el motor permita en la práctica dar soluciones a las diferentes averías expuestas.

Con la utilización del SISTEMA DE ADMISIÓN VARIABLE CON VÁLVULA REGULADORA DE TURBULENCIA (VSA) en los motores diésel CRDI que hoy en día circulan a nivel nacional e internacional, a más de lograr una mejor combustión en frio y la consecuente disminución del consumo de combustible, ayuda a disminuir la cantidad contaminación de los agentes nocivos que salen al ambiente producto de la combustión que se da en éste tipo de automotores.

Debido a la baja velocidad del aire de admisión durante el funcionamiento del motor a baja velocidad (ralentí), dando un efecto de turbulencia mínima y por tanto la formación de mezcla aire/combustible no es homogénea para realizar una combustión perfecta, lo que da como resultado baja potencia del motor y alta emisiones al escape, el actuador variable de turbulencia está conectado a una barra que conecta a las válvulas de control de turbulencia (una por cada cilindro) bajo condiciones de ralentí y carga parcial la válvula de control de turbulencia al variar el área de entrada aumenta la velocidad del aire de admisión al cerrar a uno de los dos puertos de admisión en cada cilindro, incrementando de esta forma la turbulencia y por ende se logra tener una mezcla que beneficie directamente al torque del motor.

El presente proyecto pretende mejorar el conocimiento para los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Automotriz, realizando la implementación de un sistema de

admisión variable (VSA) el cual es controlado por computadora mediante un módulo de control de sensores, y se beneficien en un aprendizaje teórico – práctico y por ende del entendimiento operacional de los componentes del sistema que lo constituye.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Implementar un tablero didáctico para el sistema de admisión variable con válvula reguladora de turbulencia (VSA) para la Escuela de Ingeniería Automotriz.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Realizar el análisis y estudio teórico del sistema de admisión variable con válvula reguladora de turbulencia (VSA).

Elaborar el respectivo programa de simulación del control de los sensores del sistema de admisión variable.

Construir el tablero didáctico del actuador variable de turbulencia (VSA), que permita a los estudiantes lograr una formación integral en sus conocimientos teóricos – prácticos de los sistemas reales.

Efectuar pruebas, calibraciones y evaluación del sistema de admisión variable con válvula reguladora de turbulencia (VSA), así como de las propuestas de las prácticas respectivas.

CAPÍTULO II

2. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE ADMISIÓN VARIABLE

2.1 Sistema de admisión

El múltiple de admisión es un componente del sistema de admisión que su función es canalizar y compartir el aire hacia cada uno de los cilindros del motor para su posterior mezcla con el combustible y producir la combustión.

La distancia y geometría de los conductos del múltiple de admisión actúa directamente en el desempeño de un motor, la eficiencia de admisión depende en buena parte de los pasajes del múltiple. (TODOMOTORES CHILE, 2004)

Figura 1. Esquema del sistema de admisión

Fuente: http://blog.wikifotos.org/2009/06/30/admision-de-aire-en-motores-turboalimentados-version-muy-simplificada/

Dónde:

1) Depurador o caja de filtro de aire de entrada.

2) Sensor de MAF IAT.

3) Conductos de aire.

4) Turbo.

5) Intercooler (radiador para enfriar el aire).

6) Colector de admisión (paso previo a entrar el aire en los cilindros).

2.2 Eficiencia del múltiple de admisión

El aire al desplazarse dentro del múltiple adquiere una velocidad que al ingresar al cilindro, se produzca una mezcla homogenizada aire/combustible.

Los conductos del múltiple de admisión de menor diámetro aporta con mayor potencia en el motor en bajas revoluciones, por el contrario si se coloca en el mismo motor un múltiple de mayor diámetro la misma potencia se obtendrá a más revoluciones. (FLORES, 2008)

2.3 Configuración del múltiple de admisión

El conducto de aire de sección circular despliega poca superficie en el interior que uno de sección cuadrada con igual ancho y largo. Wilmer Mamani dice que los múltiples de admisión eficientes combinan en sus ductos secciones circulares y cuadradas. Al contrario de lo que se piensa, las superficies extremadamente lisas y pulidas no favorecen la distribución del aire. (TODOMOTORES CHILE, 2004)

2.4 Funcionamiento del sistema de admisión

El aire en el sistema de admisión inicia el recorrido desde la toma de aire situada en lugares estratégicos dónde no filtre humedad, impurezas y que sea adecuado para el abastecimiento requerido por el motor, posteriormente pasa por filtro que se retira las impurezas que se encuentra en la atmosfera terrestre también es medido el caudal y temperatura a que se encuentra, después pasa por el turbo quien se encarga de elevar el caudal y es enviado al intercooler el cual se encarga de enfriar para posteriormente enviar al colector de admisión y distribuir a cada uno de los cilindros.

2.5 Tomas de aire

El inicio del sistema de admisión empieza desde las tomas de aire de la atmosfera dónde la posición estratégica está diseñado de acuerdo al fabricante para su óptimo funcionamiento y el motor tenga el mejor desempeño posible.

Figura 2. Toma de aire de camión Volkswagen

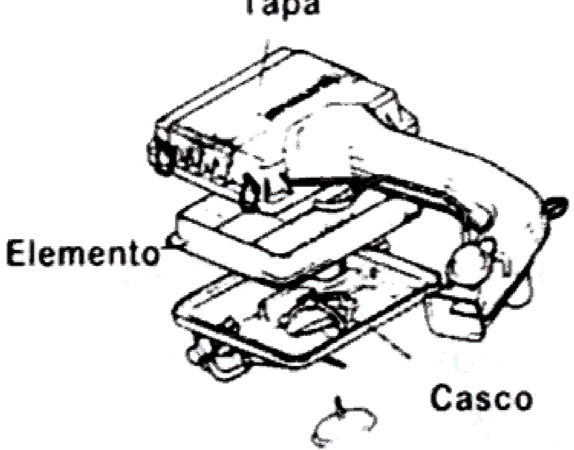


Fuente: http://piezas-camiones.vivavisos.com.ar/repuestos-camiones+cordoba/toma-de-aire-camion-volkswagen-ford-cargo/41835952

2.6 Depurador

Su función es albergar al filtro de aire protege de golpes humedad quemaduras y de partículas sólidas que existe en el medio ambiente, es un acumulador de aire que reduce la velocidad el ruido causado por el mismo al ingresar al sistema. El mantenimiento del depurador es comprobar que no existan filtraciones por mal asentamiento entre las juntas, y limpiar periódicamente debido a que se acumula los sedimentos de partículas sólidas que ingresan causando obstrucción, impidiendo que no ingreses suficiente aire y limitando la potencia del motor. (AUTOMOTRIZ.net, 2006)

Figura 3. Configuración del depurador de aire



Fuente: http://www.automotriz.net/cms/tecnica/conocimientos-basicos-parte-4/

2.7 Filtros de aire

Un filtrado efectivo abastece al motor aire libre de impurezas, polvos, polen, arenas sin que existan limitaciones en el abastecimiento del aire. Al tener filtrado ineficiente afecta directamente al motor originando desgastes prematuros en los componentes influyendo en las emisiones y acortando la vida útil del motor.

Para que el motor tenga una vida útil satisfactoria, el elemento filtrante debe tener una efectividad del 99.9 % al remover las partículas de suciedad del aire. Los filtros del tipo húmedo tienen una efectividad del 95% y NO son recomendados para motores que se encuentran a la intemperie y/o en ambientes sucios, se recomienda utilizar cajas de filtros de dos pasos con pre-limpiadores y elementos de seguridad. (JOHN DEERE, 2014)

2.7.1 *Pre-limpieza del aire.* Con el propósito de limpiar el aire de admisión se adecuaron aletas angulas dentro de la caja de filtros, generando movimiento centrífugo logra que los sedimentos como polvo o partículas sólidas no interfieran al directamente al filtro de aire, estas aletas direccionan a las partículas sólidas hasta la válvula de descarga que se encuentra acoplada en la tapa de la caja de polvo. (JOHN DEERE, 2014)

Figura 4. Movimiento el aire

Fuente: http://www.deere.com/wps/dcom/es_LA/services_and_support/tips/engines/air_intake_system_engine/air_intake_system_engine.page

Algunos filtros crean el movimiento centrífugo poniendo el tubo de entrada descentrado. Conforme el aire circula alrededor del filtro, el 80 ó 90% del polvo es acarreado a través de una ranura en el deflector hasta la caja de polvos. En ese punto el polvo es removido a través de una válvula. (JOHN DEERE, 2014)

2.7.2 *Eficacia de los filtros.* La garantía de un filtro a otro se basa en la eficiencia que tiene para retener polvo así sea la mínima diferencia. Los resultados de los ensayos determina que en condiciones con altas concentraciones de polvo (200 mg/m3). Las eficiencias varían de acuerdo a los resultados presentados en la Tabla 1. (FLEETGUARD, 2009)

Tabla 1. Eficacia de los filtros

	Eficacia	**Polvo en el motor**
Filtro 1	99.0%	2,0 gramos/hora
Filtro 2	99.5%	1,0 gramos/hora
Filtro 3	99.6%	0,8 gramos/hora
Filtro 4	99.7%	0,6 gramos/hora
Filtro 5	99.8%	0,4 gramos/hora
Filtro 6	99.9%	0,2 gramos/hora

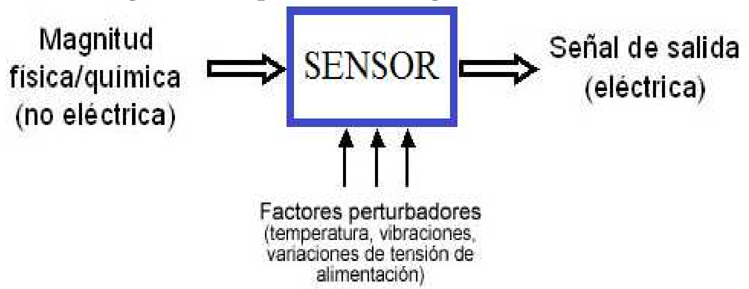
Fuente: http://www.cumminsfiltration.com/pdfs/product_lit/emea_brochures/LI33090-ES.pdf

Al seleccionar un filtro con menos efectividad se reduce la vida útil del motor por desgastes abrasivo que es provocado por el polvo en el cilindro, pistón, asientos de las válvulas deteriorando prematuramente estos elementos.

2.8 Sensores

Dependiendo su aplicación éstos sensores miden la temperatura, revoluciones del motor posición del cigüeñal, árbol de levase, etc. Dependiendo la magnitud eléctrica que envía la ECM procesa, realizando las correcciones para el óptimo funcionamiento del motor. Los sensores integrados generan señales comprensibles por la unidad de control, internamente se encuentra un circuito de adaptación que se encarga de enviar las señales de los sensores en forma normalizada necesaria para ser interpretada por la ECM.

Figura 5. Representación gráfica del sensor



Fuente: http://sj.fundacionloyola.org/sj/R5726/descargas/Uno/Id/A17800/Sensores+del+autom%C3%B3vil.doc.

2.8.1 *Sensor de flujo de masa de aire (MAF).* El flujo de aire que ingresa al motor se convierte en señal de voltaje, la ECM adquiera información sobre el volumen de aire que está ingresando al motor así calcular la carga del motor y determinar la cantidad de combustible requerido por cada cilindro.

Figura 6. Sensor MAF y curva de funcionamiento

Fuente; http://automecanico.com/auto2027/bbooster03.pdf

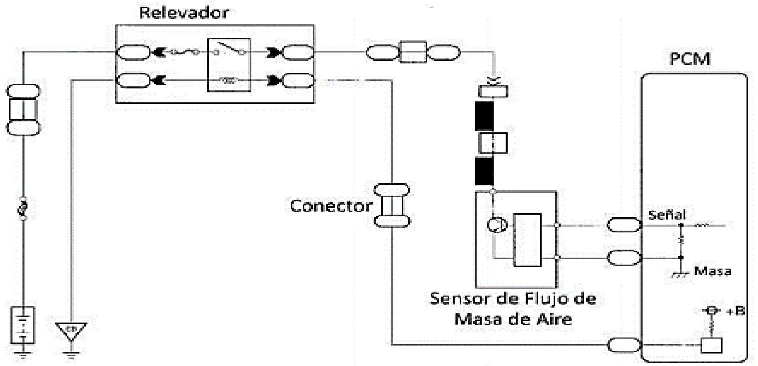
2.8.1.1 *Sensor MAF de hilo caliente.* Los componentes del sensor MAF alambre de hilo caliente de platino que se encuentra a muy alta temperatura, en el momento que comienza a entrar aire el aire enfría éste hilo y las cargas cambiantes de aire causan un efecto diferente sobre la temperatura del hilo, entonces todo el circuito que maneja el tema del calentamiento del hilo generara una señal de voltaje de acuerdo a que tanto es enfriado. (MEJIA, 2013)

Figura 7. Partes del sensor MAF

Fuente; http://automecanico.com/auto2027/bbooster03.pdf

Internamente existe un circuito que permanente monitorea los cambios de temperatura del hilo por medio de un transductor eléctrico, esto dentro del sensor. (MEJIA, 2013)

Figura 8. Circuito del sensor MAF



Fuente: http://automecanico.com/auto2027/bbooster03.pdf

Los sensores MAF vienen a la par con el sensor de temperatura de aire IAT el cual mide la temperatura al inicio del arranque en frio del motor efectuando un correcto arranque al tener temperaturas bajas como sucede en la estación fría.

2.8.2 *Sensor de temperatura del aire de admisión (IAT*). El sensor IAT se utiliza para sondear la temperatura ambiente del aire en un arranque en frío. El termistor de coeficiente de temperatura negativo (NTC) tiene la masa del sensor, y señal para la ECM. Los termistores funcionan como resistencias de tensión caen para informar temperaturas operativas necesarias para ajustar el abastecimiento de combustible, a temperaturas muy bajas.

Figura 9. Diagrama eléctrico sensor IAT

Fuente: http://automecanico.com/auto2027/bbooster04.pdf

NOTA: Una estrategia de ECM utiliza para determinar un arranque del motor en frío es comparando la ECT y señales de IAT. Si ambos están a 8°C uno del otro, el ECM asume que es un arranque en frío. Está estrategia es importante debido a que algunos

monitores de diagnóstico, tales como el monitor de EVAP, están sobre la base de un arranque en frío. (MEJIA, 2013)

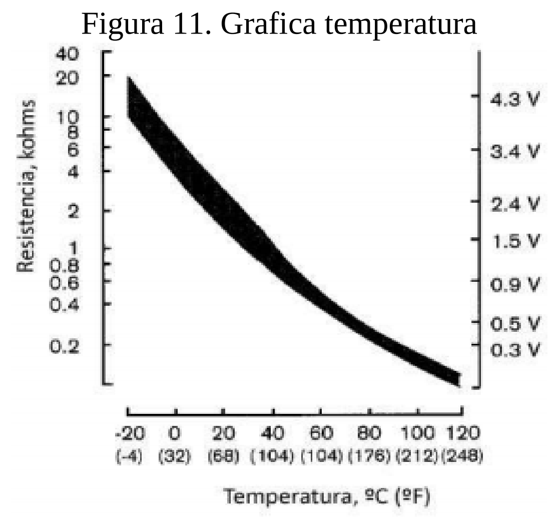
2.8.3 *Sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT*). Éste sensor responde a cambios en la temperatura del refrigerante del motor. La ECM sabe la temperatura media del motor. Por lo general está situado en un paso de refrigerante justo antes del termostato, la señal está conectado al terminal en la ECM, masa del sensor.

El sensor de ECT es fundamental para muchas funciones de la ECM tales como la inyección de combustible, la sincronización del encendido, sincronización de válvulas, cambios de velocidad en la transmisión, etc. Siempre revise si el motor está en temperatura de trabajo y que el ECT está informando con precisión la temperatura a la ECM.

Figura 10. Diagrama eléctrico del sensor ECT

Fuente: http://automecanico.com/auto2027/bbooster04.pdf

Figura 11. Grafica temperatura



Fuente: http://automecanico.com/auto2027/bbooster04.pdf

A medida que la temperatura se incrementa, la resistencia del sensor y el voltaje de la señal disminuyen. En el extremo superior de la escala de temperatura/resistencia, la resistencia del ECT cambia muy poco.

2.9 Conductos de admisión

Los conductos de aire no deben tener restricciones para que el aire que ingresa de la atmosfera no produzca torbellinos interfiriendo la fluidez hacia el motor, los codos con radios muy cerrados, tuberías delgadas limitan la entrada de aire.

Figura 12. Conductos de admisión



Fuente: http://kaminante.blogspot.com/2005_06_01_archive.html

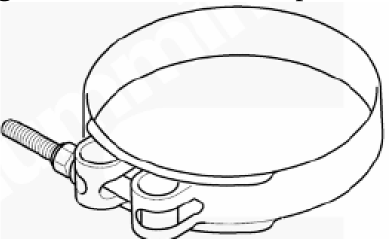
Las pérdidas de presión dentro de los conductos de admisión no deben exceder el máximo permitido por el fabricante por las restricciones como el filtro de aire y las uniones entre tuberías. Las uniones deben serrarse herméticamente e impedir el ingreso de impurezas al sistema de admisión y por consecuente los cilindros del motor.

2.9.1 *Abrazaderas para tubos y conexiones del sistema de admisión.* Es el elemento que se encarga de sellar herméticamente las uniones de los conductos.

Las abrazaderas tipo T-Bolt (Figura 13) son para tuberías sometidas a alta presión, al apretar estas abrazaderas no abollan las mangueras manteniendo presión en los 360

grados del área de contacto del tubo y abrazadera sellando perfectamente. (KAWASAKI, 2009)

Figura 13. Abrazaderas tipo T-Bolt



Fuente: http://www.kawasakiloaders.com/downloads/training/Sistema_de_admision_-_Recomendaciones_de_Filtracion.pdf

2.10 Turbo

Inicialmente los motores diésel eran atmosféricos los cuales tenían ineficiencia en las alturas por la carencia de la presión atmosférica, modificando el sistema de admisión e incorporando el turbocompresor el cual ayude a compensar la deficiencia de presión mejorando el desempeño del motor.

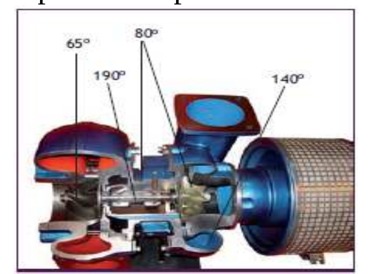
Figura 14. Función del turbocompresor en el motor

Fuente: http://www.aficionadosalamecanica.net/turbo.htm

Un turbocompresor utiliza el movimiento de los gases de escape que actúan radialmente en la turbina que está acoplada a un eje, que mueve a un compresor axial que absorbe aire enviando de forma radial hacía el motor, al salir el aire del compresor axial incrementa la temperatura considerablemente para ello se adecuado un enfriador del aire “intercooler”. Las temperaturas que se encuentra sometido el turbocompresor se muestra en la Figura 15, tanto en la entrada del aire y la salida de gases de escape.

El turbo a su máxima capacidad aumenta la presión del aire de admisión y requiere un buen sistema de lubricación debido a que puede girar a más de 130.000 vueltas por minuto aportando más cantidad de aire a los cilindros elevando el par motor en el momento de la combustión, obteniendo más potencia en comparación con los motores atmosféricos o gasolina. (COELLO, 2006 pág. 125)

Figura 15. Turbocompresor temperatura de funcionamiento en °C



funhttp://automocion.bligoo.es/media/users/21/1066192/files/273640/MOTORES_SOBREALIMENTADOS.pdf

2.11 Intercooler

Al aumentar la presión del aire se eleva la temperatura pierde densidad; es decir, en un mismo volumen tenemos menos masa de aire, por lo que es capaz de quemar menos combustible y, en consecuencia, se genera menos potencia. Además, al aumentar la temperatura de admisión aumenta el peligro de detonación, picado o autoencendido y se reduce la vida útil de muchos componentes por exceso de temperatura, y sobresfuerzos del grupo térmico.

Tipos de intercoolers:

- Aire/aire: el aire de la atmosfera disminuye la temperatura del aire que se encuentra dentro del intercooler.
- Aire/agua: un líquido refrigerado varía la temperatura del aire.

Figura 16. Intercooler



Fuente: http://mundosoloautos.com.mx/tag/intercooler/

Éste componente del sistema de admisión, por intercambio de temperatura aumenta la densidad de aire que ingresa a la cámara de combustión.

2.12 Múltiple de admisión

Dependiendo la aplicación de éste, se encarga de canalizar el aire o mezcla aire/combustible hacia las válvulas de cada uno de los cilindros equitativamente. La longitud, forma y diámetro de los conductos es con el objetivo de tener un mejor llenado de los cilindros que conforma el motor. Su fabricación de aleación de aluminio y plástico según el fabricante su diseño interior de los conductos es importante para disminuir la perdidas de carga y la distancia a cada uno de los cilindros.

Figura 17. Partes del múltiple de admisión de plástico

Fuente: http://www.naikontuning.com/nt/multiple-de-admision/

Los colectores de plásticos (polímeros) repercute en un mejor llenado, al disponer de uno acabados superficiales mejores, son resistentes a la temperatura de trabajo del motor. Las ventajas de éste colector, reduce la temperatura del aire por la conductividad

térmica mínima y reduce el peso en el vehículo. (MANUAL DEL AUTOMÓVIL , 2001 págs. 33-34)

Los colectores de admisión que son fabricados de aleaciones de aluminio, tienen presencia de rugosidades en el interior de los conductos el cual dificulta la circulación del aire. Estas rugosidades se oponen a la libre circulación del aire formando torbellinos limitando el llenado óptimo de los cilindros.

Figura 18. Múltiple de admisión de aleación aluminio



Fuente: http://www.naikontuning.com/nt/multiple-de-admision/

La ventaja de estos colectores de admisión de aleación de aluminio resisten altas presiones que produce el turbo sin que lleguen a romperse. La forma en su diseño ayuda a circular el aire según el orden de encendido del motor, algunos colectores llevan resistencias para calentar el aire en frío.

2.13 Evolución de los sistemas de admisión

Los fabricantes de vehículos han visto la necesidad de mejorar el rendimiento de los motores optimizando el mejor funcionamiento de los sistemas que éste lo incorpora. Siendo el sistema de admisión el cual han modificado estructuralmente para que tenga un llenado óptimo de aire en el cilindro.

2.13.1 *Sistema de admisión variable con trampillas o chapaletas*. Se encuentra aplicado en motores de inyección directa, las trampillas o chapaletas son accionadas bajas RPM de modo el flujo de aire que ingresa al cilindro origine mezcla estratificada y homogénea de aire/combustible para éste tipo de motores.

Figura 19. Funcionamiento del colector de admisión variable

Fuente: http://www.naikontuning.com/articulos/sistema-admision-variable/

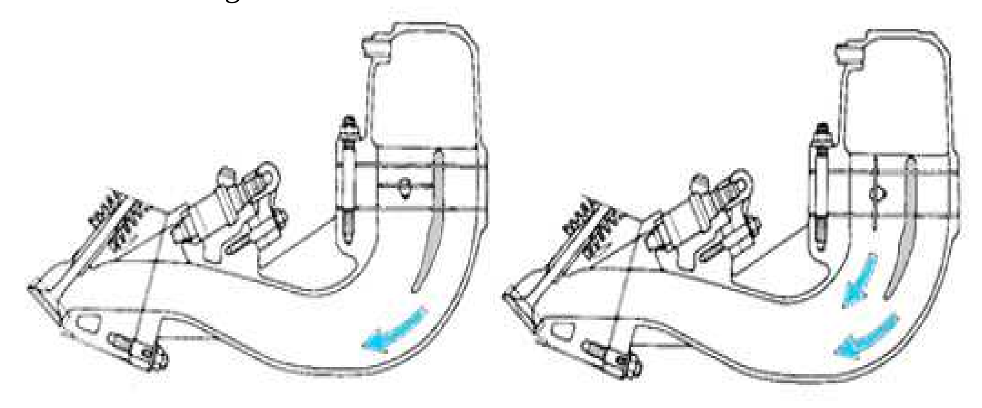
2.13.1.1 *Chapaleta accionada.* Al encontrase accionada la chapaleta fluye aire por el conducto superior de la culata y se cierra el conducto inferior, con lo que se consigue elevar la velocidad de flujo de aire mejorando la formación de mezcla dentro del cilindro, el conducto en la culata está diseñado para que el flujo de aire forme turbulencias cilíndricas.

En la mezcla estratificada, el flujo cilíndrico que forma el aire en trayecto de los conductos de la culata hacia el cilindro produce la mezcla con el combustible paran la ignición. En la mezcla homogéneo la chapaleta se abre, la mezcla adquiere alta capacidad de ignición y una combustión sin perdidas en la eficiencia volumétrica.

2.13.1.2 *Chapaleta no accionada.* El motor al estar sometido a carga y regímenes superiores las chapaletas no se encuentran accionadas dejando pasar el aire por los dos conductos de la culata consiguiendo volumen de masa necesario para obtener un par elevado en altas potencias.

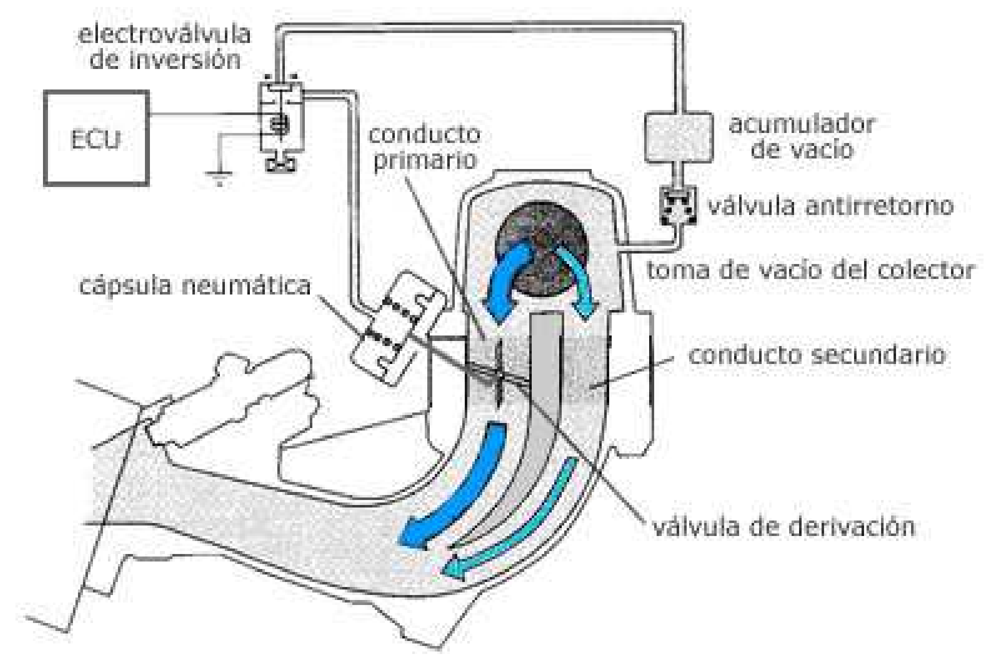
2.13.2 *Sistema de admisión variable por longitud del colector.* La admisión variable por longitud favorece un par elevado en altas y bajas RPM, en bajas regímenes para tener mayor par los colectores largos por el contrario que en altas regímenes favorece los colectores cortos.

Figura 20. Colector de admisión de dos fases



Fuente: http://jeroitim.blogspot.com/2012/12/motores-de-combustion-interna-en_18.html

Figura 21. Funcionamiento del sistema de admisión variable de dos fases



Fuente: http://jeroitim.blogspot.com/2012/12/motores-de-combustion-interna-en_18.html

Por efecto Venturi al variar una sección del colector de admisión se consigue elevar la velocidad del aire para que la mezcla sea más homogénea obteniendo la combustión perfecta u un par adecuado en alto y bajo régimen del motor

2.13.3 *Sistema de admisión variable Toyota.* Éste tipo de se sistema de admisión variable T-VIS (Toyota Variable Induction System), se aplica cuando el colector de admisión tiene dos conductos para cada cilindro y dos válvulas de admisión por acamara de combustión.

Figura 22. Sistema de admisión variable Toyota

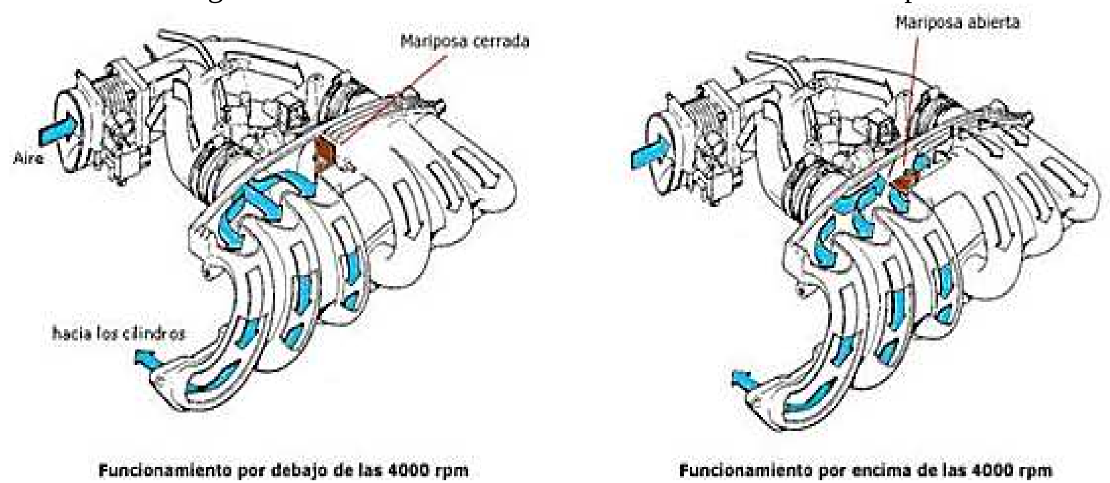
Fuente: http://jeroitim.blogspot.com/2012/12/motores-de-combustion-interna-en_18.html

Está controlado por una válvula mariposa la cual abre o cierra el conducto, a 450 RPM se encuentra abierto un solo conducto mientras que a 4650 RPM pasa aire por los dos conductos permitiendo tener mayor entrada de aire como se muestra en la Figura 30. La válvula mariposa se controla por una válvula de inversión que permite actuar por una línea de vacío.

Para poder funcionar con un solo inyector en el colector se encuentra una abertura que comunica los dos conductos antes que llegue a las válvulas.

2.13.4 *Sistema Dual Ram de Opel.* Éste sistema está adecuado para los motores de 6 cilindros, el tubo de aspiración está implementado una válvula conmutable que divide en dos motores de 3 cilindros cuando las RPM son bajas consiguiendo un par elevado.

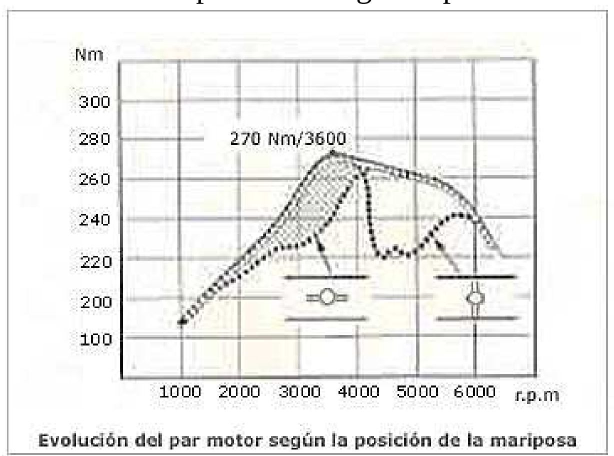
Figura 23. Sistema de admisión variable Dual Ram de Opel



Fuente: http://www.naikontuning.com/articulos/sistema-admision-variable/

Aproximadamente a 4000 RPM se abre la válvula de mariposa que permite pasar aire a los 6 cilindros elevando la potencia. Al acercarse a los 6000 RPM la válvula se cierra.

Figura 24. Evolución del par motor según la posición de la mariposa



Fuente: http://www.naikontuning.com/articulos/sistema-admision-variable/

2.13.5 *Sobrealimentación por oscilación resonante de la admisión y alimentación de aire de turbulencia.* Otro modelo de admisión resonante de BMW, en éste caso se trata de un: sistema de aspiración "diferenciado", utilizado en el motor de 6 cilindros y 3 litros de BMW (M54), con sistema de resonancia y alimentación de aire de turbulencia.

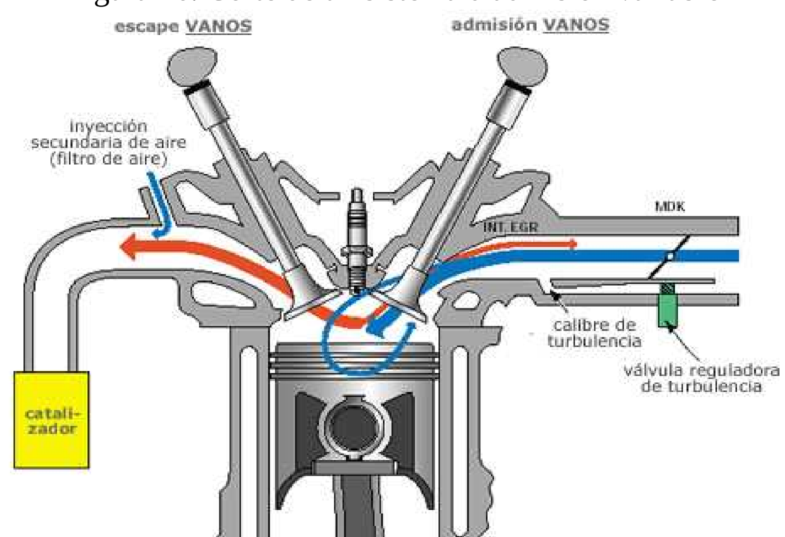
Éste sistema de admisión se divide en dos sistemas completamente diferentes: para altas RPM y plenas cargas dispone de un sistema de admisión resonante con una válvula mariposa que regula las dimensiones del colector de admisión adaptándose al número de RPM del motor.

Figura 25. Esquema del sistema de aspiración variable resonante de un BMW M54

Fuente: http://www.naikontuning.com/articulos/sistema-admision-variable/

Para bajos regímenes del motor (bajas RPM) existe un sistema de admisión completamente separado del resonante, que dispone de un control propio (válvula reguladora de turbulencia) y secciones transversales reducidas, así como unos calibres de turbulencia que aumentan la velocidad del flujo del aire cuando entra en los cilindros. (GARZON, 2012)

Figura 26. Corte de un sistema d admisión variable



Fuente: http://www.naikontuning.com/articulos/sistema-admision-variable/

2.13.6 *Ventajas del sistema de admisión.* Un colector de admisión corto favorece el llenado del cilindro a regímenes altos de vueltas, siendo ineficaz sin embargo a bajas vueltas. En el caso de unos colectores largos ocurre lo contrario, dando unas grandes dosis de par a bajas vueltas pero limitando el llenado de los cilindros en altas revoluciones.

2.14 Elementos de alimentación, control y proceso del sistema de admisión variable

2.14.1 *Fuente de alimentación.* En electrónica, una fuente de alimentación es un dispositivo que convierte la tensión alterna, en una o varias tensiones, prácticamente continuas, que alimentan los distintos circuitos del aparato electrónico al que se conecta (ordenador, televisor, impresora, router, etc.). (Wikipedia, 2013)

Figura 27. Fuente de alimentación para PC



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Fuente_de_alimentación

Tabla 2. Características de la fuente de voltaje del tablero didáctico

CODEGEN SWITCHING POWER SUPPLY 400W		
Model	250XA1	
Input	115V/230V 8/4 A 60/50 Hz	
Output: 400W		
+3.3 V	20 A	Orange
+ 5V	40 A	Red
+12 V	12 A	Yellow
+5 VSB	2 A	Purple
-5 V	0.5 A	White
-12 V	0.8 A	Blue
PS-ON		Green
P.G		Grey

Fuente: Autor.

2.14.2 *Potenciómetro.* Un potenciómetro es un resistor cuyo valor de resistencia es variable. De esta manera, indirectamente, se puede controlar la intensidad de corriente que fluye por un circuito si se conecta en paralelo, o la diferencia de potencial al conectarlo en serie.

Figura 28. Potenciómetro rotatorio



Fuente: es.wikipedia.org/wiki/Potenciómetro

Normalmente, los potenciómetros se utilizan en circuitos de poca corriente. Para circuitos de corrientes mayores, se utilizan los reóstatos, que pueden disipar más potencia.

Existen dos tipos de potenciómetros:

- Potenciómetros impresos, realizados con una pista de carbón o de cermet sobre un soporte duro como papel baquelizado, fibra, alúmina, etc. La pista tiene sendos contactos en sus extremos y un cursor conectado a un patín que se desliza por la pista resistiva.
- Potenciómetros bobinados, consistentes en un arrollamiento toroidal de un hilo resistivo con un cursor que mueve un patín sobre el mismo. (Wikipedia, 2013)

2.14.3 *Servomotor.* Es un dispositivo actuador que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y de mantenerse estable en dicha posición. Está formado por un motor de corriente continua, una caja reductora y un circuito de control, y su margen de funcionamiento generalmente es de menos de una vuelta completa.

Los servos de modelismo se utilizan frecuentemente en sistemas de radiocontrol y en robótica, pero su uso no está limitado a estos.

Figura 29. Servomotor digital.



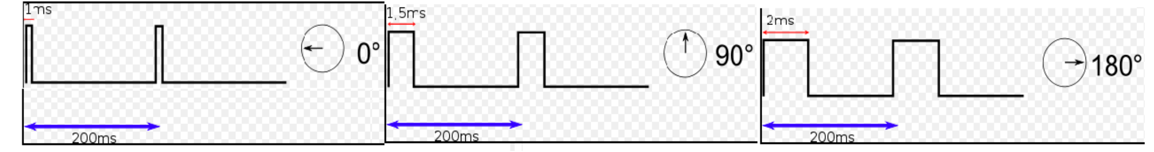
Fuente: http://www.clubcierzo.com/Mauales/Entendiendo%20los%20diferentes%20servos%20RC.pdf

Todos los servos RC tienen tres cables principales, uno es para proporcionar la corriente continua (DC), usualmente 4.8 voltios, el segundo cable es para la conexión a tierra y el tercero es el que lleva la señal del receptor, éste último le dice al servo a través de pulsos que es lo que debe hacer, normalmente según la marca estos cables variaran de color, pero siempre tendrán el mismo objetivo. (Rcontrol Peru Tv, 2009)

2.14.3.1 *Funcionamiento del servomotor.* Dependiendo del modelo del servo, la tensión de alimentación puede estar comprendida entre los 4 y 8 voltios. El control de un servo se reduce a indicar su posición mediante una señal cuadrada de voltaje.

El ángulo de ubicación del motor depende de la duración del nivel alto de la señal., cada servo motor, dependiendo de la marca y modelo utilizado, tiene sus propios márgenes de operación. (Figura 30).

Figura 30. Valores de duración del pulso



http://es.wikipedia.org/wiki/Servomotor_de_modelismo#mediaviewer/Archivo:TiempossServo.svg

El valor 1,2 ms indica la posición central, y otros valores de duración del pulso dejarían al motor en la posición proporcional a dicha duración.

Es sencillo notar que, para el caso del motor anteriormente mencionado, la duración del pulso alto para conseguir un ángulo de posición θ estará dado por la fórmula (Wikipedia, 2013)

$$\mathbf{t = 1 + \theta/180} \qquad (1)$$

Dónde **t** está dado en milisegundos y **θ** en grados.

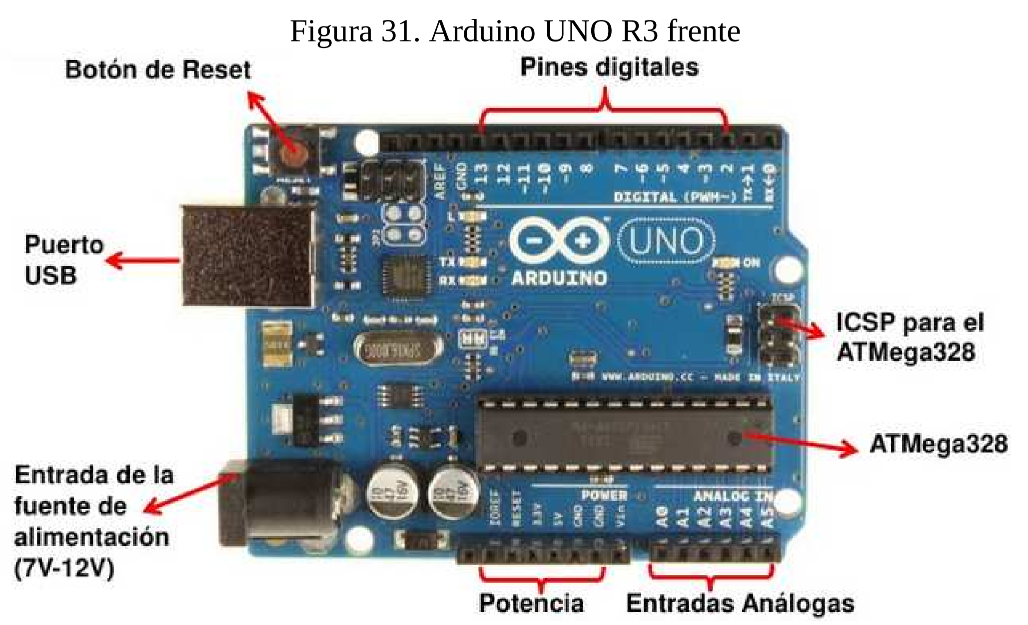
Tabla 3. Ángulos del servomotor

Duración del nivel alto [ms]	Ángulo [grados]
0,3	0
1,2	90
2,1	180
0,75	45

http://www.zonatecno.net/Electronica/Recursos/Servomotores-Caracteristicas-Basicas-y-Conocimientos-Fundamentales.html

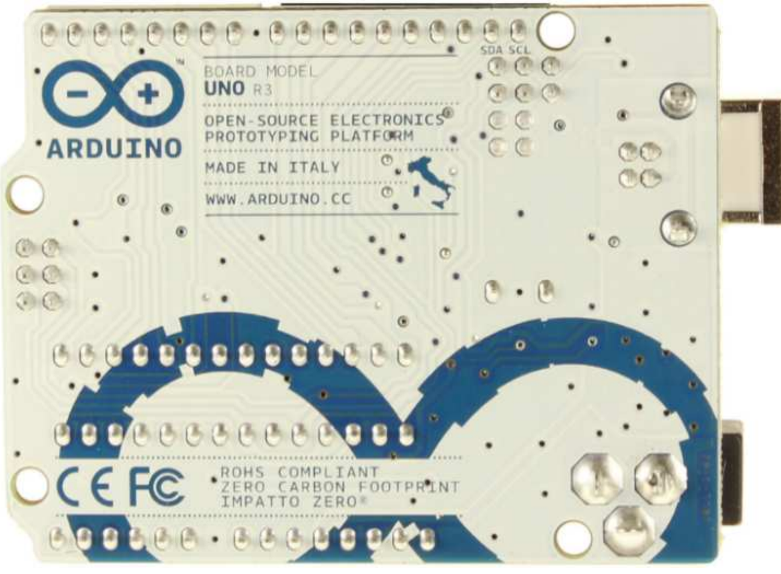
2.14.4 *Tarjeta de interfaz Arduino UNO R3.* El Arduino UNO R3 es una placa electrónica basada en el microprocesador Atmega328. Tiene 14 pines digitales de entrada / salida (de las cuales 6 se puede utilizar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un 16 MHz resonador cerámico, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP, y un botón de reinicio. Los pines ICSP son para programar el Arduino directamente con un programador ISP / ICSP.

Figura 31. Arduino UNO R3 frente



Fuente: http://www.slideshare.net/gruposirp/presentacion-arduino-conferencia

Figura 32. Arduino UNO R3 Volver



Fuente: http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno

2.14.4.1 *Las características del Arduino UNO R3.* En la siguiente tabla se indican las características del circuito Arduino.

Tabla 4. Características del Arduino UNO R3

Microcontroladores	ATmega328
Voltaje de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límites)	6-20V
Pines E / S digitales	14 (de los cuales 6 proporcionan PWM)
Pines de entrada analógica	6
DC Corriente por I / O Pin	40 mA
Corriente CC para Pin 3.3V	50 mA
Memoria Flash	32 KB (ATmega328) de los cuales 0,5 KB utilizado por gestor de arranque
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Velocidad del reloj	16 MHz

Fuente: http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno

Las "Shields" son placas que pueden ser conectadas encima de la placa Arduino extendiendo sus capacidades. Las diferentes "shields" siguen la misma filosofía que el conjunto original: son fáciles de montar, y económicas de producir. (EMBEDDED, 2013)

Usos de Arduino:

- Capturar las diversas variables del entorno como temperatura, humedad, presión, presencia, etc.
- Mediante la programación de Arduino es posible generar comportamientos reactivos e interactivos según los datos de entrada.
- Control de movimiento de diferentes actuadores.
- Control de luces
- Control a distancia y manipulación de datos de forma remota.

2.14.5 *Entornos de programación gráfica.* Son interfaces para programar de una forma sencilla y dinámica en la plataforma Arduino UNO R3, los programadores utilizados son los que más se utiliza en la actualidad, como se muestra en la Figura 33.

Figura 33. Interfaces de programación grafica para Arduino UNO R3

Fuente: Autor

Ardublock, Modkit, S4A y LabVIEW. Son plataformas de programación basada en bloques o cajas de funciones, que simbolizan diferentes elementos de programación, por ejemplo: instrucciones, condiciones, variables, bucles, entre otros. Estos bloques de programación se van ensamblando hasta formar programas.

2.15 Software de programación y simulación

2.15.1 *LabVIEW.* Acrónimo de Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench es una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas, con un lenguaje de programación visual gráfico. Recomendado para sistemas hardware y software de pruebas, control y diseño, simulado o real y embebido, pues acelera la productividad. El lenguaje que usa se llama lenguaje G, dónde la G simboliza que es lenguaje gráfico.

2.15.2 *Programación G.* Se considera al lenguaje gráfico de programación que utilizamos en LabVIEW, el cual usa una ejecución basado en el flujo de datos (dataflow). Al diseñar un programa de forma gráfica, se hace visible una programación orientada al flujo de datos, dónde se obtiene una representación de los datos también de forma gráfica.

Una función solo podrá ejecutarse cuando tenga disponibles todos los datos que le sirven como entradas. En conclusión, el flujo de datos va de izquierda a derecha en el diagrama de bloques y está determinado por las operaciones o funciones que procesan los datos.

2.15.3 *Programación gráfica con LabVIEW.* Para diseñar un programa con LabVIEW trabajamos bajo un VI (Instrumento virtual). Los VI son recuadros con su respectivo símbolo normalmente relacionado con su funcionalidad, tiene entradas y salidas con su color de identificación de dato, como se muestra en la Figura 34. (MEDINA, 2011)

Figura 34. VI Arduino UNO R3 entradas y salidas

Fuente. Autor

2.15.4 *Resumen USB.* NI-VISA proporciona un medio conveniente de acceder a la funcionalidad de RAW bajo nivel de los dispositivos USB, así como el apoyo a la Prueba de USB y Clase de medición (USBTMC) protocolo. La alternativa al uso de NI-VISA para la comunicación dispositivo USB está escribiendo un controlador del núcleo o el uso de un controlador de Kernel existente proporcionada por el vendedor. Mediante el uso de NI-VISA, se evita tener que aprender cómo escribir controladores del núcleo, evita tener que aprender un modelo de Kernel diferente para cada sistema operativo, y ganar independencia de la plataforma y la portabilidad de escala para otros sistemas operativos en el futuro.

2.16 SolidWorks

2.16.1 *SolidWorks metodología de modelado.* Es un modelador de solidos que utiliza funciones paramétricas que enfoca para crear modelos. Los parámetros se refieren a las limitaciones de cuyos valores determinan la forma o geometría del modelo o ensamblaje.

Los parámetros numéricos pueden ser cualquiera, tales como longitudes de línea o los diámetros de círculo, o parámetros geométricos, tales como tangentes, concéntricas, horizontal o vertical, etc parámetros numéricos, paralelas puede estar asociado con cada uno otro a través de la utilización de las relaciones, lo que les permite capturar la intención del diseño.

2.16.2 *Herramientas de validación del diseño en SolidWorks.* Estas herramientas realizan cálculos para que el usuario interactúe las diferentes simulaciones necesarias para realizar el proyecto.

SolidWorks Simulation es una herramienta de validación de diseño que muestra los ingenieros cómo sus diseños se comportan como objetos físicos.

SolidWorks Flow Simulation es una herramienta que pone a prueba la simulación del flujo de fluidos internos y externos y el análisis térmico para que los diseñadores puedan realizar pruebas en prototipos virtuales.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DIDÁCTICO

3.1 Diseño de la estructura de soporte del sistema

Para dimensionar el banco didáctico se requiere las dimensiones de los elementos del sistema de admisión con el propósito de realizar las ubicaciones efectivas y tolerancias que no haya interferencia entre ningún elemento en su funcionamiento. En esta parte del proyecto se emplea SolidWorks que es un software para dibujar la estructura o soporte del banco didáctico con las cargas y dimensiones de los siguientes elementos:

- Depurador de aire o caja de filtros.
- Sensor MAF – IAT de 5 cables.
- Turbocompresor.
- Intercooler o enfriador de aire.
- Múltiple de admisión de dos vías.
- Conductos.
- Módulo electrónico.

3.1.1 *Dimensiones del depurador de aire o caja de filtro Hyundai Terracan 2.9 litros CRDI.* Las medidas seleccionadas del depurador de aire se toma como se muestra la Figura 35.

Figura 35. Dimensiones del depurador

Fuente: Autor

Tabla 5. Dimensiones del depurador

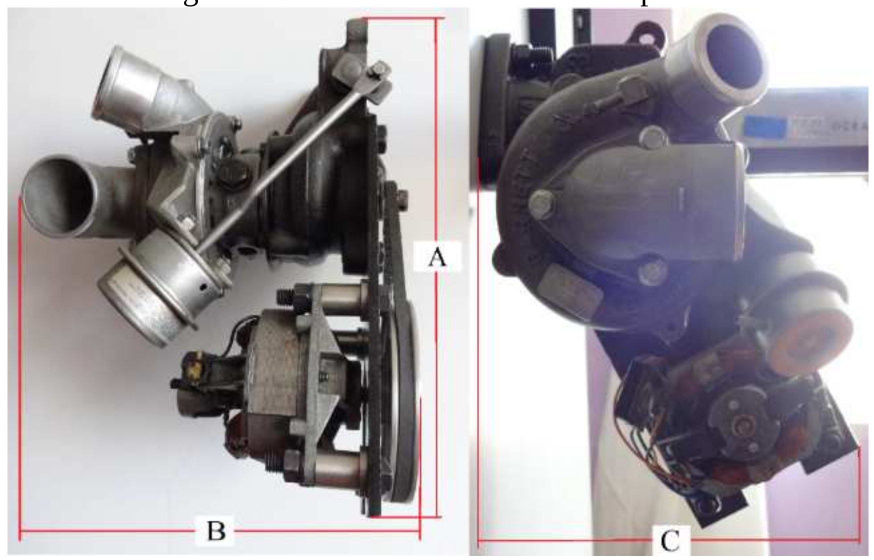
	cm
A	24
B	24
C	24

Fuente: Autor

Las dimensiones que ocupa un lugar en el tablero didáctico son las A y B de la Figura 49. Que es la altura y el ancho del depurador.

3.1.2 *Dimensiones del turbocompresor Hyundai Terracan 2.9 litros CRDI.* Las dimensiones del turbocompresor por no ser un elemento simétrico se procede a dimensionar de la siguiente manera.

Figura 36. Dimensiones del turbocompresor



Fuente: Autor

Tabla 6. Dimensiones del turbocompresor

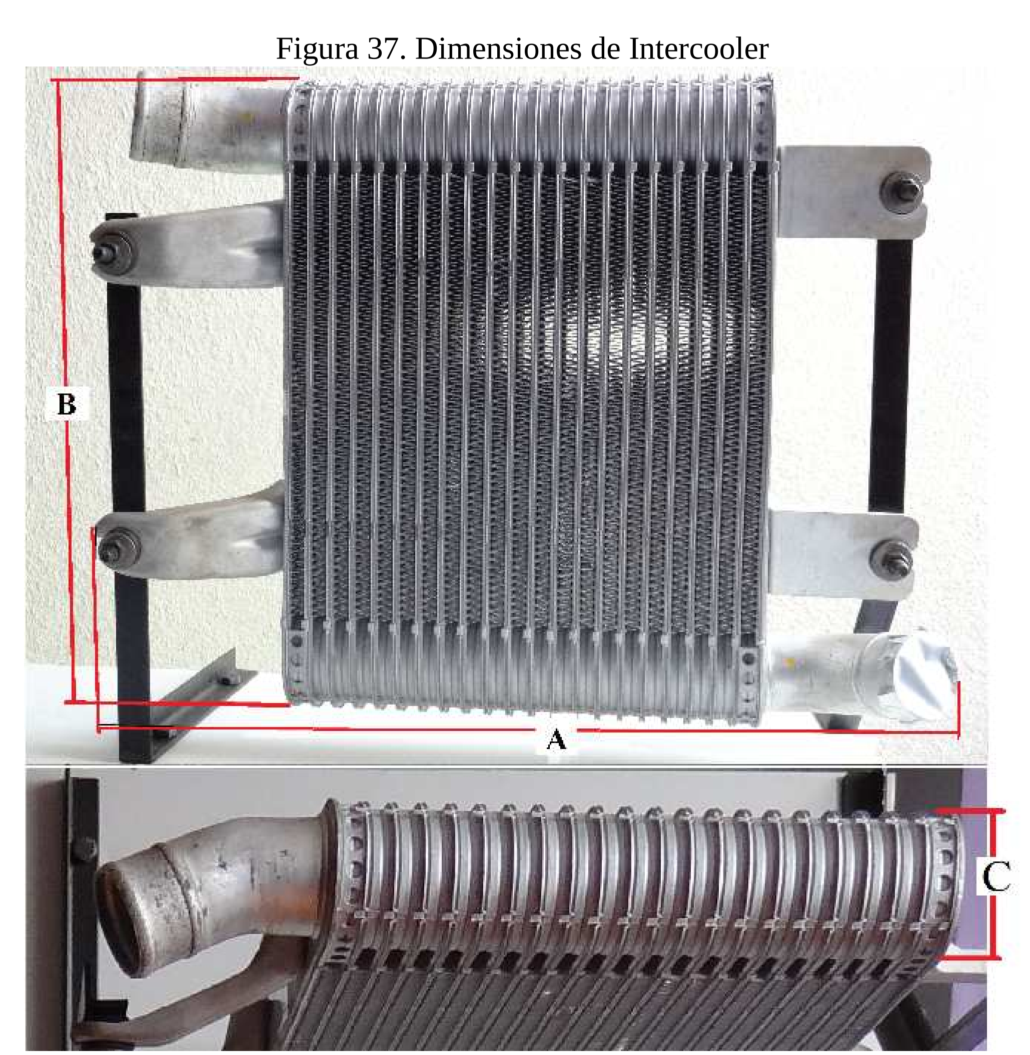
	cm
A	31
B	23
C	23

Fuente: Autor

El espacio que va a ocupar el turbocompresor en el tablero didáctico son las dimensiones tomadas de la Figura 50. Detalle A, B.

3.1.3 *Dimensiones del Intercooler Hyundai Terracan 2.9 litros CRDI.* El Intercooler está dimensionado de la siguiente manera (Figura 37), las medidas que se obtuvieron se detalla en la Tabla 7.

Figura 37. Dimensiones de Intercooler



Fuente: Autor

Tabla 7. Dimensiones del intercooler

	cm
A	47
B	38
C	7

Fuente: Autor

Las medidas del intercooler que se requiere para la ubicación en el banco didáctico del sistema de admisión son Ay C de la Tabla 7.

3.1.4 *Dimensiones del múltiple de admisión Hyundai Terracan 2.9 litros CRDI.* En la Figura 38 se muestra la posición frontal del múltiple de admisión, se tomó las siguientes medidas que se muestra en la tabla 8, que es necesario para la ubicación en el tablero de manera que el estudiante una mejor visualización y entendimiento del proyecto.

Figura 38. Dimensiones del colector de admisión para el tablero didáctico

Fuente: Autor

Tabla 8. Dimensiones de colector de admisión

	Cm
A	50
B	19
C	14

Fuente: Autor

Las medidas que se selecciona para ubicar en el tablero didáctico son las dimensiones A y B de la Tabla.

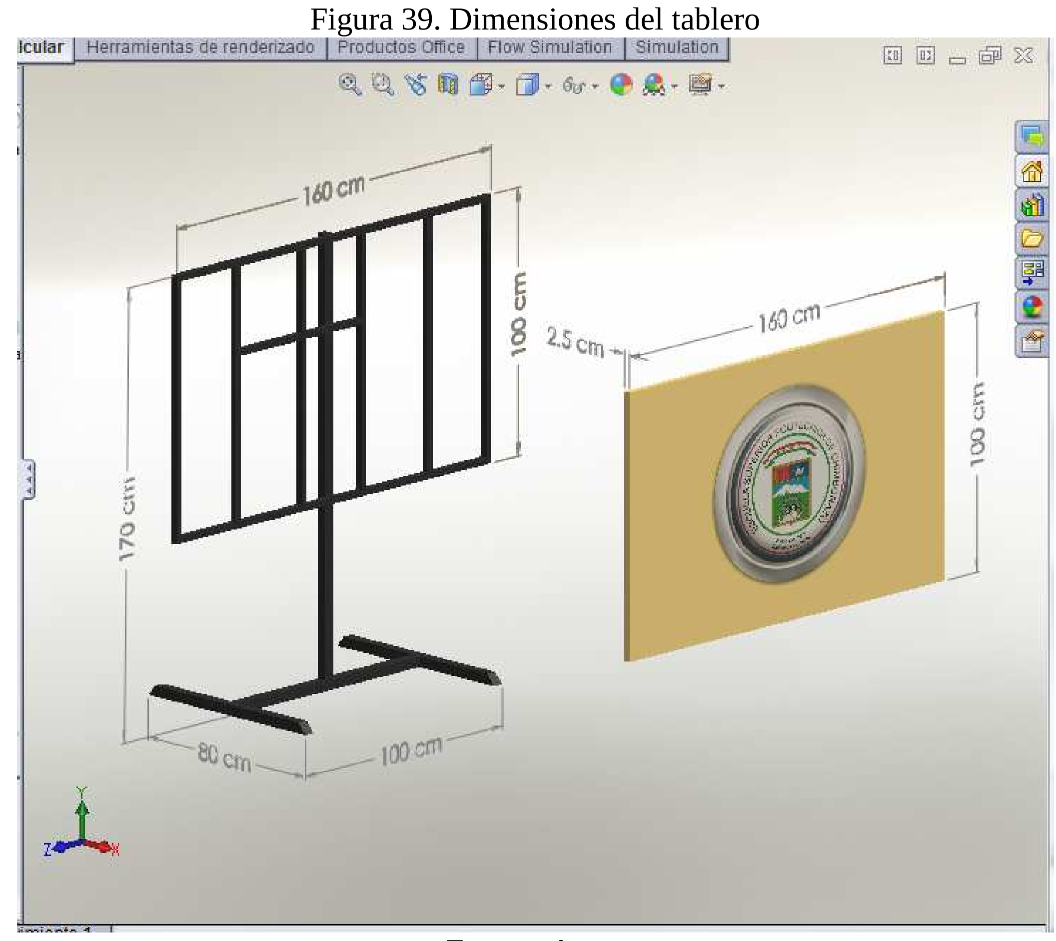
Con las medidas obtenidas se realiza la construcción del tablero didáctico teniendo en cuenta las ubicaciones de cada uno de los componentes del sistema de admisión, en orden de funcionamiento depurador, turbo, intercooler, colector de admisión.

3.2 Construcción del banco didáctico

Las dimensiones de todas las partes que conforma el sistema de admisión se empezará a dibujar la base o estructura del soporte dónde se colocan todos los elementos del sistema de admisión.

El soporte de los elementos por no estar sometido a esfuerzo no se realizó los cálculos de diseño correspondientes. Para tener mejor visualización de los elementos que conforma es sistema de admisión variable se realizó en función de la altura media de los estudiantes.

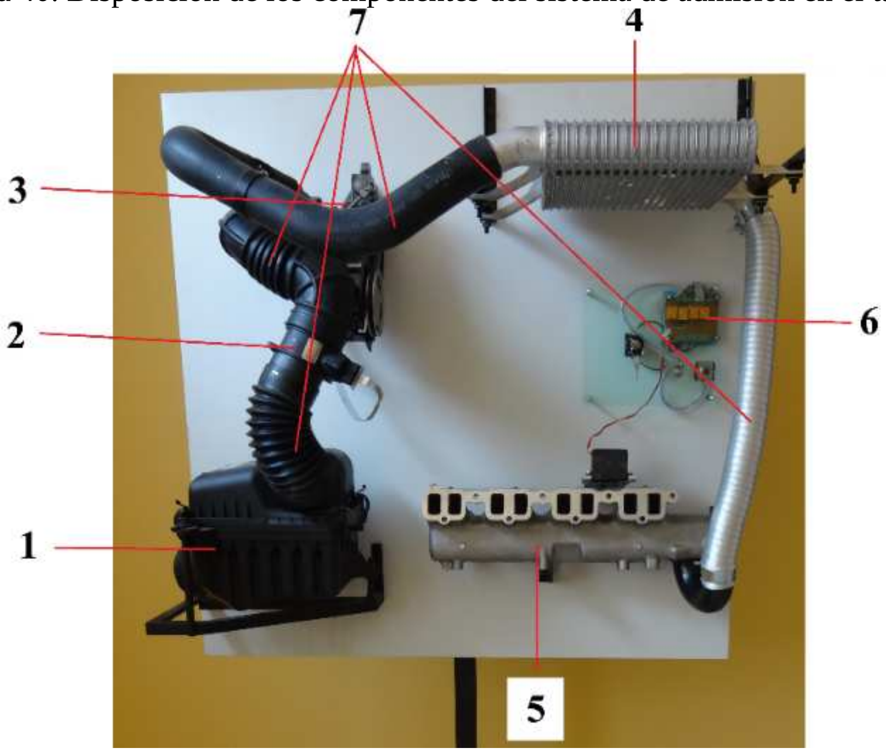
Figura 39. Dimensiones del tablero



Fuente: Autor

Las medidas del tablero se relacionan con el espacio que ocupa los componentes del sistema de admisión y la distribución funcional, posterior a la construcción del soporte se realiza la ubicación de cada componente del sistema de admisión variable como se muestra en la Figura 40.

Figura 40. Disposición de los componentes del sistema de admisión en el tablero



Fuente: Autor

Dónde

1) Depurador o caja de filtro

2) Sensor MAT-IAT

3) Turbo

4) Intercooler

5) Colector de admisión

6) Módulo electrónico

7) Conductos de aire

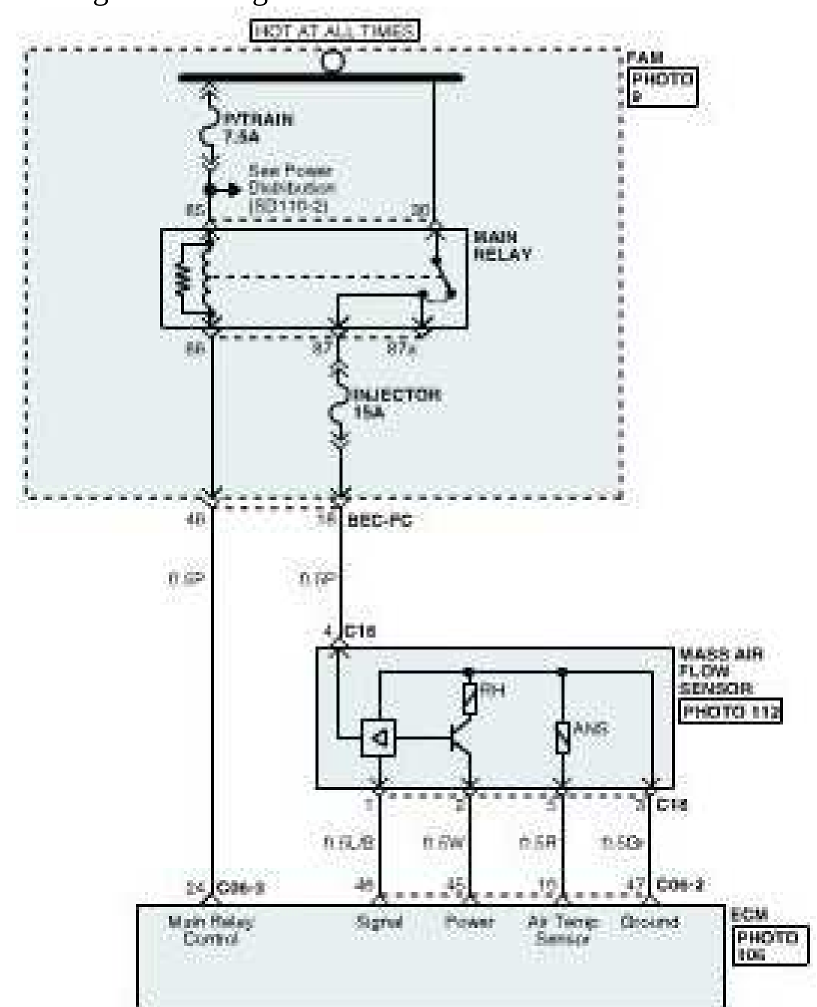
3.3 Componentes de control e información del tablero didáctico

3.3.1 *Sensor MAF – IAT modelo 28164-4A000 de 5 cables.* Éste sensor es del tipo MF05 Air- Flow Sensor con las siguientes características:

- Basado en tecnología MEMS
- Rango de trabajo de 12 a 640 kg/h
- Precisión del 3%
- Velocidad de respuesta de menor a 15 ms

- Voltaje de operación de 7 a 18 V
- Rango de temperatura de – 40°C a + 120°C
- Detección de retorno de flujo de air
- Caída de presión de 1,5 KPa
- Entrada de corriente de 0.1 A
- Aceleración de la vibración permisible menor a 150 m.s-2

Figura 41. Diagrama eléctrico del sensor MAF-IAT



Fuente: Manual Hyundai Motor's

Los pines del sensor como: alimentación, señal y tierra indica la conexión a la ECM. El diagrama eléctrico del sensor MAF-IAT indica la configuración electrónica interna y su conexión a la ECM. El hilo caliente del sensor MAF y el termistor del sensor IAT.

En la Figura 42. Se muestra la curva de trabajo del sensor MAF el voltaje varía en función del caudal.

Figura 42.Curva de trabajo del sensor MAF

Air Flow sensor typical curve(Ta=25℃)

Output voltage:V

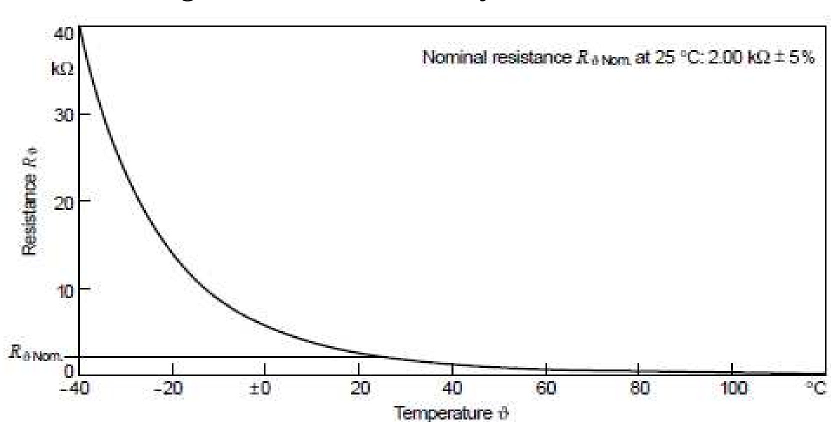
Air-mass flow: kg/h

Bosch
MFS05

Fuente: http://www.cetcmems.com/UploadFiles/20124111039849.pdf

La Figura 43 da la gráfica del sensor IAT la resistencia varía en función de la temperatura ambiente.

Figura 43. Curva de trabajo del sensor IAT



Fuente: http://www.bosch.com.au/content/language1/downloads/HFM5_Englisch.pdf

3.4 Datos técnicos del turbocompresor

El turbocompresor tiene las siguientes características:

- Car Make: Hyundai 1 Ton Light Truck 2.5 TDI H100 / Euro 3 - 100HP
- Turbo Family: Garrett
- Model No： GT1749S
- Part No: 715924-0002

- OEM No: 28200-42700
- Engine Power: 68kw
- Type: Turbochargers

En la Figura 44 se muestra el despiece detallado del turbocompresor, con su respectivo proceso de montaje en forma ordenada de las piezas que lo conforma.

Figura 44. Despiece del turbocompresor

Fuente: http://www.turbomaster.info/mascara_dibujo2.php?modelo=GT15_B&nombre=GT17&marca=Garrett

Los componentes del turbo numerados en la Figura 44 se detalla en la Tabla 9 dónde se muestra los despieces del turbocompresor

Tabla 9. Partes del turbo

Modelo GT17 - 715924-0002				
FIGURA	REFERENCIA		DESCRIPCIÓN	CTD.
3	435791-0106		Caracola admisión m.	1
3			Caracola admisión	1
50		444032-0004	Racor (car. admisión)	1
190	725250-0001		Adaptador (car. admisión)	1
191	725249-0001		Junta (adaptador car. admisión)	1

Tabla 9. (Continuación)

192	705021-0620		Tornillo (adaptador car. admisión)	3
1	433351-0001		Tornillo (car. admisión)	4
4	403069-0177		Aro de goma (car. admisión)	1
-	433352-0031		Cartucho	1
25		434714-0021	Turbina y eje	1
10		436132-0003	Rueda compresora	1
8		434578-0012	Alojamiento cojinetes	1
16		433294-0002	Plato	1
7	452540-0006		Caracola escape	1
6	433311-0001		Cierre (car. escape)	2
5	400788-0610		Tornillo (car. escape)	4
26	432340-0119		Válvula	1
27	432333-0004		Tuerca (válvula)	2
30	432996-0030		Manguera (válvula)	1
31	400696-0011		Abrazadera (manguera)	2
28	400702-0018		Retén válvula	1
100	210501		Junta entrada gases	1
105	210525		Junta salida gases	1
115	210243		Junta salida aceite	1
PRESIÓN VÁLVULA TIPO = PRESIÓN			ÁNGULOS	
0.893 - 0.947 bar = 1.00 mm			δ (delta) = N/D	
1.160 - 1.213 bar = 4.00 mm			ε (épsilon) = N/D	
EQUILIBRADO VSR				
0.7G entre 0 - 90.000 rpm				
1.5G entre 90.000 - 138.000 rpm				

Fuente: http://www.turbomaster.info/despieces_garrett/715924-0001.php

3.5 Diseño y Construcción del mecanismo de admisión variable para el colector de admisión

Está adaptación se realiza con precisión por la presión de aire que éste se encuentra actuando dentro del colector de admisión, seleccionando los materiales de los diferentes elementos del mecanismo tomando en cuenta cálculos de diseño para cada uno de ellos.

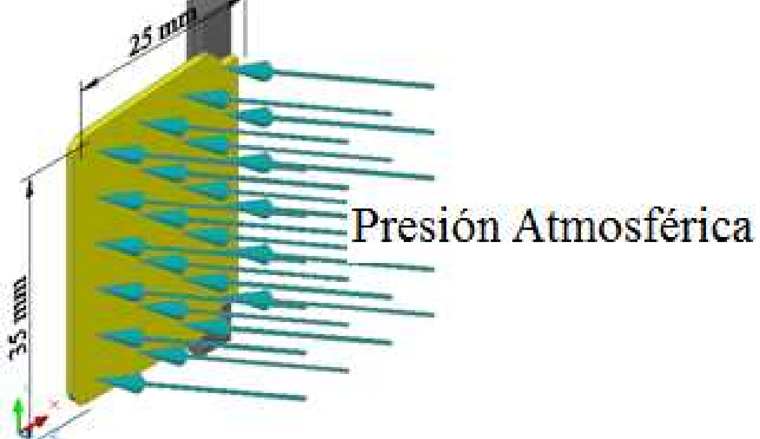
El motor adquiere la temperatura de funcionamiento 83 °C (356.15 °K), el colector al estar unido mediante pernos transmite calor que interviene directamente al mecanismo del sistema de admisión variable y requiriendo el respectivo análisis térmico para cada uno de los componentes.

Figura 45. Estudio térmico en SolidWorks del colector de admisión

Fuente: Autor

3.5.1 *Cálculo para las Chapaletas o válvulas.* En éste cálculo la chapaleta está sometido a la presión atmosférica que interactúa un una sección como se muestra en la Figura 46.

Figura 46. Presión que interactúan en la chapaleta



Fuente: Autor

Análisis térmico de válvula o chapaleta

Coeficiente de expansión térmico del acero $\alpha = 1.1x10^{-5}/°K$.

Temperatura ambiente de $20°C$ $(293.15°K)$ y la temperatura que adquiere el motor en funcionamiento de 83$°C$ $(356.15°K)$

Ecuación de la expansión térmica

$$\Delta L = d * \alpha * \Delta T \qquad (2)$$

Las medidas de la válvula es de 25 x 35mm. Con la medida de 35mm se calcula la dilatación para cerciorar que la válvula no se presione dentro del conducto de admisión.

$$\Delta L = 35mm * \frac{1.1x10^{-5}}{°K} * (356.15 - 293.15)°K$$

$$\Delta L = 35mm * \frac{1.1x10^{-5}}{°K} * (63)°K$$

$$\Delta L = 0.0243255mm$$

El conducto del colector de admisión tiene una altura de 35.7 mm no queda presionado la válvula.

El siguiente cálculo, la carga distribuida es la presión atmosférica que está efectuando en una cara de la chapaleta, el movimiento del aire estas en una dirección en el lado posterior de la chapaleta existe vacío, la chapaleta está sometido a esfuerzo de flexión.

$$Presión\ Atm = 101325\ {}^{N}/_{m^2}$$

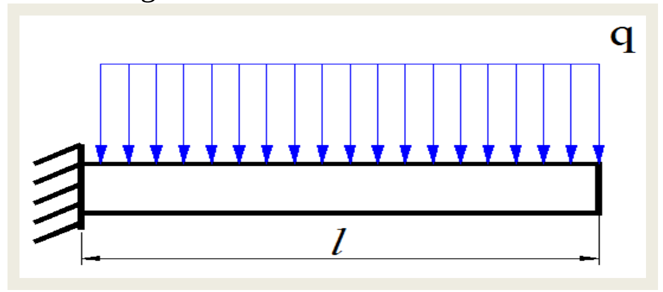
Carga distribuida

$$q = f * d \qquad (3)$$

$$q = 101325\ {}^{N}/_{m^2}\ (0{,}035\ m)$$

$$q = 3546\frac{N}{m}$$

Figura 47. Distribución de fuerzas



Fuente: Autor

Diagrama de la fuerza cortante

$$V = q * l \qquad (4)$$

Datos:

$l = 25mm$

$q = 3546\frac{N}{m}$

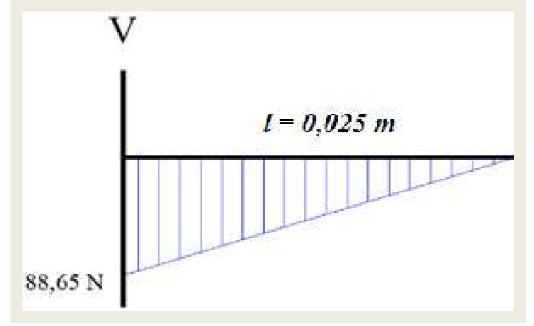
Remplazar los valores en la ecuación de fuerza cortante.

$$V = 3546\frac{N}{m} * (0{,}025)m$$

$$V = 88{,}65\ N$$

La gráfica del esfuerzo máximo se representa en la Figura 48.

Figura 48. Fuerza cortante



Fuente: Autor

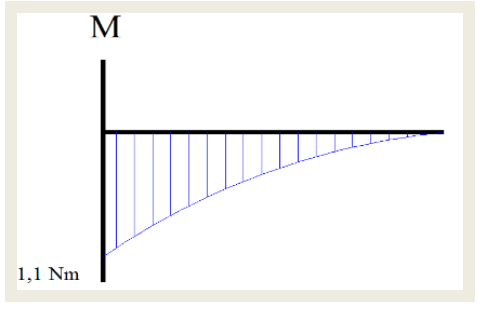
Diagrama de momento flector

$$M_{AX} = \frac{q * l^2}{2} \qquad (5)$$

$$M_{AX} = \frac{3546\frac{N}{m} * (0{,}025)^2 m^2}{2}$$

$$M_{AX} = 1{,}1Nm$$

Figura 49. Momento flector



Fuente: Autor

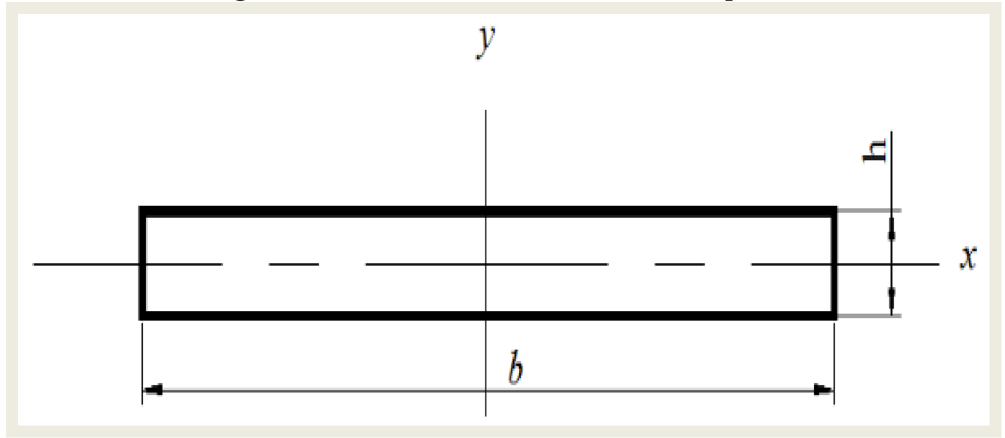
Módulo de elasticidad del acero

$$E = 210x10^9 \frac{N}{m^2}$$

Determinado por tablas las características del acero.

Momento de inercia

Figura 50. Momento de inercia de la chapaleta



Fuente: Autor

$$I_x = \frac{1}{12} b * h^3 \qquad (6)$$

$$I_x = \frac{1}{12}(0{,}025)m * (0{,}001)^3 m^3$$

Deformación máxima

$$\Delta_{MÁX} = \frac{q * l^4}{8EI} \qquad (7)$$

Remplazar los valores obtenidos anteriormente calculados

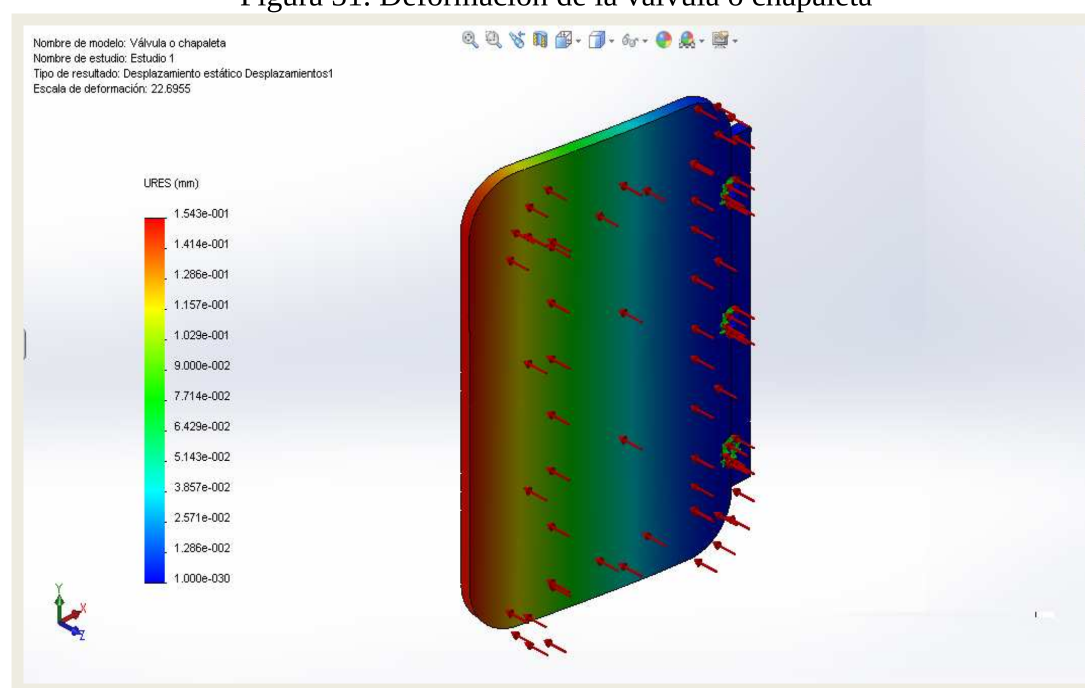
$$\Delta_{MÁX} = \frac{3546 \frac{N}{m} * (0{,}025)^4 m^4}{8 * 210x10^9 \frac{N}{m^2} * \frac{1}{12}(0{,}025)m * (0{,}001)^3 m^3}$$

$$\Delta_{MÁX} = 0{,}396mm$$

Con el valor obtenido en el cálculo la deformación es impermisible, El materia que seleccionado es idóneo para la chapaleta.

La simulación realizada en SolidWorks se observa la deformación que adquiere la chapaleta al actuar la presión atmosférica ver Figura 51.

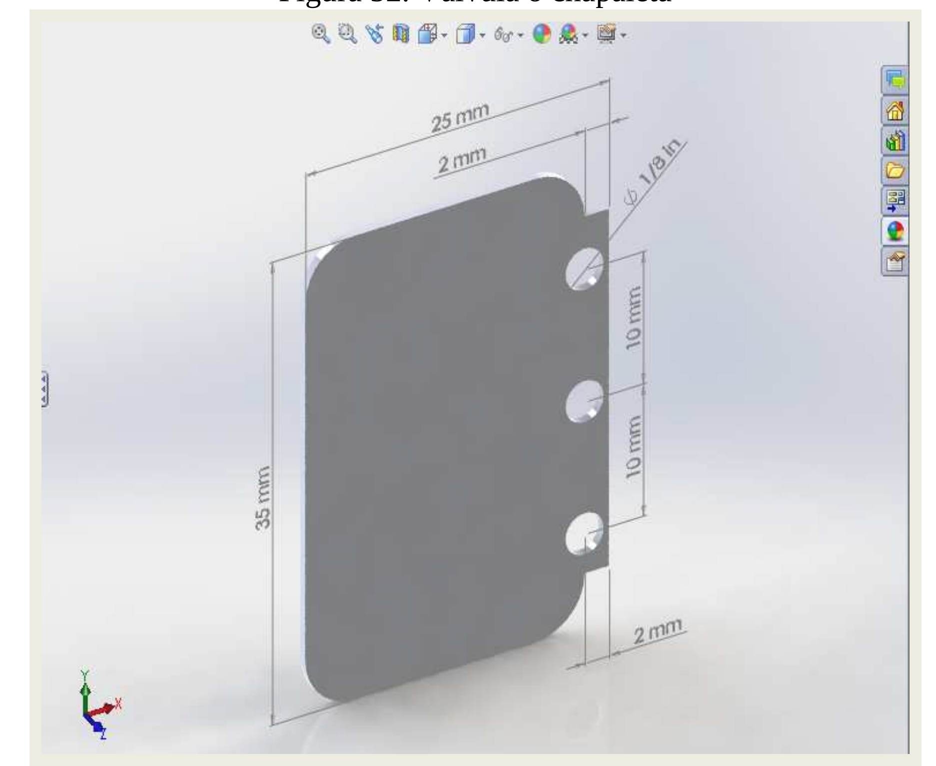
Figura 51. Deformación de la válvula o chapaleta



Fuente: Autor

Las válvulas o chapaletas que van a variar el área de la entrada de aire que va interior del conducto del colector de admisión tienen las siguientes dimensiones que se requiere para éste sistema.

Figura 52. Válvula o chapaleta



Fuente: Autor

3.5.2 *Cálculo para los ejes de las válvulas.* La variación de las dimensiones del eje al cambio de temperatura, el material utilizado acero se realiza el cálculo en la ecuación (2).

En el eje existen dos medidas $\emptyset = 5mm$ y una longitud de $58mm$ dónde está en contacto con el agujero del colector de admisión. La temperatura que se encuentra en la posición del eje como se observa en la Figura 45 es de $348.98\ °K$.

Ecuación de la expansión térmica

$$\Delta L = d * \alpha * \Delta T$$

$$\Delta L = 5mm * \frac{1.1x10^{-5}}{°K} * (348.98 - 293.15)°K$$

$$\Delta L = 0.00307065mm$$

La variación de la medida del eje con respecto al agujero, no se aprieta porque el agujero en el colector de admisión tiene un $\emptyset = 5.5mm$ cómo se representa en la Figura 60 las dimensiones del eje. El esfuerzo cortante que ejerce las chapaletas influye directamente a los ejes por estar sujetos en el mecanismo.

Se realiza el siguiente cálculo para el eje. Y asumimos una viga empotrada dónde existen dos reacción y un momento R_{AX}, R_{AY}, M_A. Como se muestra en la Figura 53.

En el anterior cálculo de la chapaleta tenemos un esfuerzo cortante máximo es $88{,}65\ N$ que actúa en la chapaleta, como la chapaleta está empotrada al eje en el mecanismo el esfuerzo influye directamente.

Figura 53. Fuerza que influye en el eje

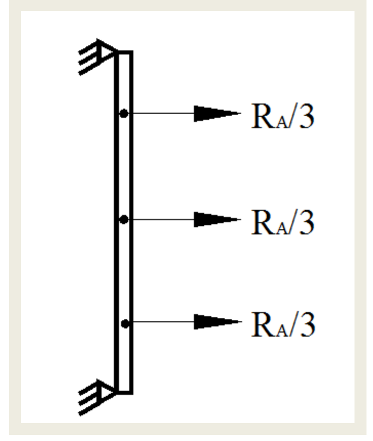
Fuente: Autor

El esfuerzo cortante $V = R_A$

Por sumatoria la reacción A en x=0

La fuerza cortante determinado anteriormente es la reacción A en Y

Figura 54. Puntos de empotramiento del eje y la chapaleta



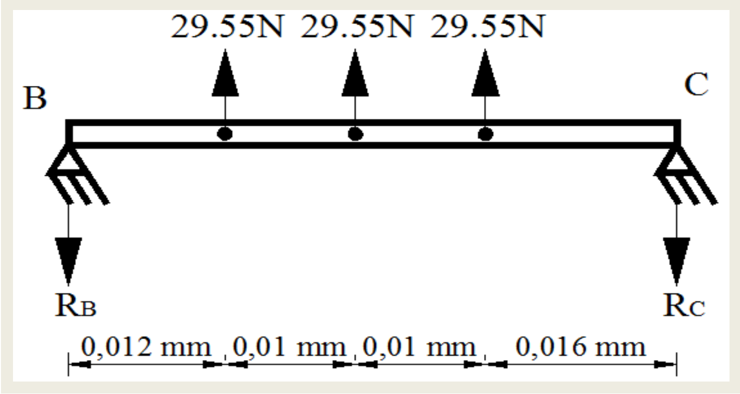
Fuente: Autor

Como existen tres puntos de empotramiento en el eje, la reacción R_A se le divide para cada uno como se muestra en la Figura 54.

$$\frac{R_A}{3} = \frac{88{,}65N}{3} = 29.55N$$

Se realiza los cálculos de momentos y de reacciones del eje representado en la figura 55.

Figura 55. Distribución de las fuerzas del eje



Fuente: Autor

Sumatorias de momento en B

$$\sum M_B = 0 \tag{8}$$

$$29.55N(0{,}012)m + 29.55N(0{,}022)m + 29.55N(0{,}032)m - Rc(0{,}048)m = 0$$

$$R_C = \frac{1.9503\ Nm}{0{,}048\ m}$$

$$R_C = 40.63\ N$$

$$\sum F_y = 0 \quad (9)$$

$$29.55\ N + 29.55\ N + 29.55\ N - R_C - R_B = 0$$

$$R_B = 88.65\ N - R_C$$

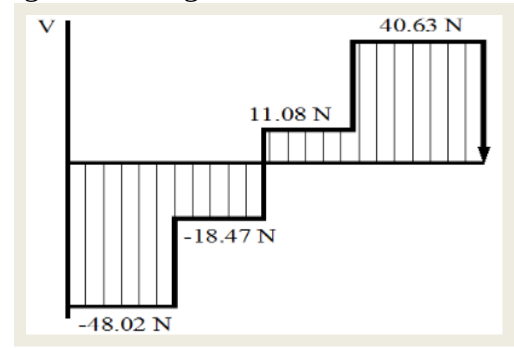
Remplazando el valor (R_C) en la ecuación (R_B)

$$R_B = 88.65 - 40.63\ N$$

$$R_B = 48{,}02\ N$$

Diagrama de la fuerza cortante

Figura 56. Diagrama de la fuerza cortante



Fuente: Autor

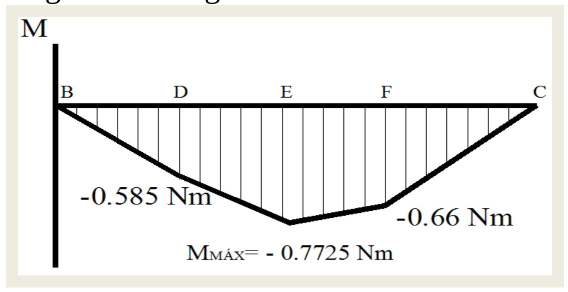
Diagrama de momento flector

$$M_{BD} = -48.75\ N(0.012)m = -0.585\ Nm$$

$$M_{DE} = -48.75\ N(0.012)m - 18.75\ N(0.010)\ m = -0.7725\ Nm$$

$$M_{FC} = -41.25\ N(0.010)\ m - 11.25(0.022)\ m = -0.66\ Nm$$

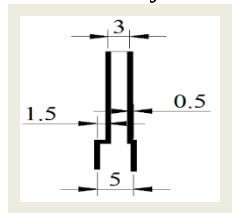
Figura 57. Diagrama del momento flector



Fuente: Autor

Para el siguiente cálculo se toma la siguiente sección, las medidas están dadas en *mm* en la Figura 58.

Figura 58. Dimensiones del eje en mm para el cálculo



Fuente: Autor

Sección rectangular

$S =$

Despreciable

$$S = \frac{b * h^2}{6} \quad (10)$$

El esfuerzo máximo

$$\tau_F = \frac{M_{MÁX}}{S} \quad (11)$$

Remplazando la ecuación (10) en la ecuación del esfuerzo máximo (11)

$$\tau_F = \frac{6 * M_{MÁX}}{b * h^2}$$

$$\tau_F = \frac{6 * 0.7725\ Nm}{(0.005)m * (3)^2 mm^2}$$

$$\tau_F = 103 \frac{N}{mm^2}$$

El esfuerzo a torsión permisible del acero A37 -24 AS es $141.21\ ^{N}/_{mm^2}$

Coeficiente de seguridad

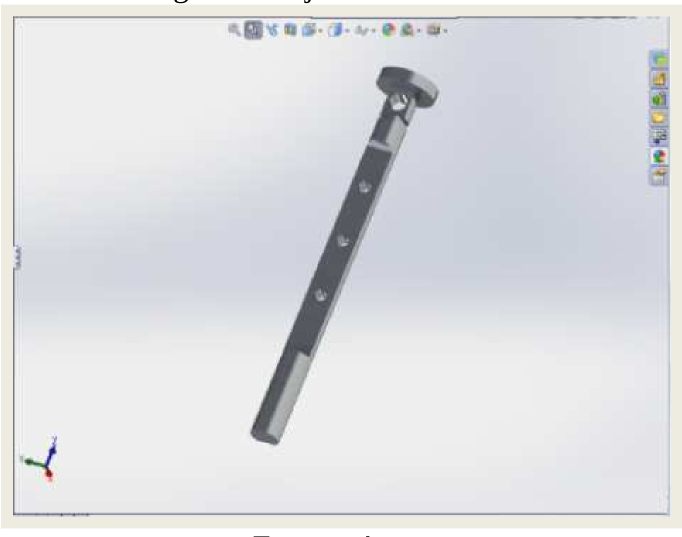
$$\eta = \frac{\tau_{Admisible}}{\tau_{Calculado}}$$

$$\eta = \frac{142.21 \frac{N}{mm^2}}{103 \frac{N}{mm^2}}$$

$$\eta = 1.37$$

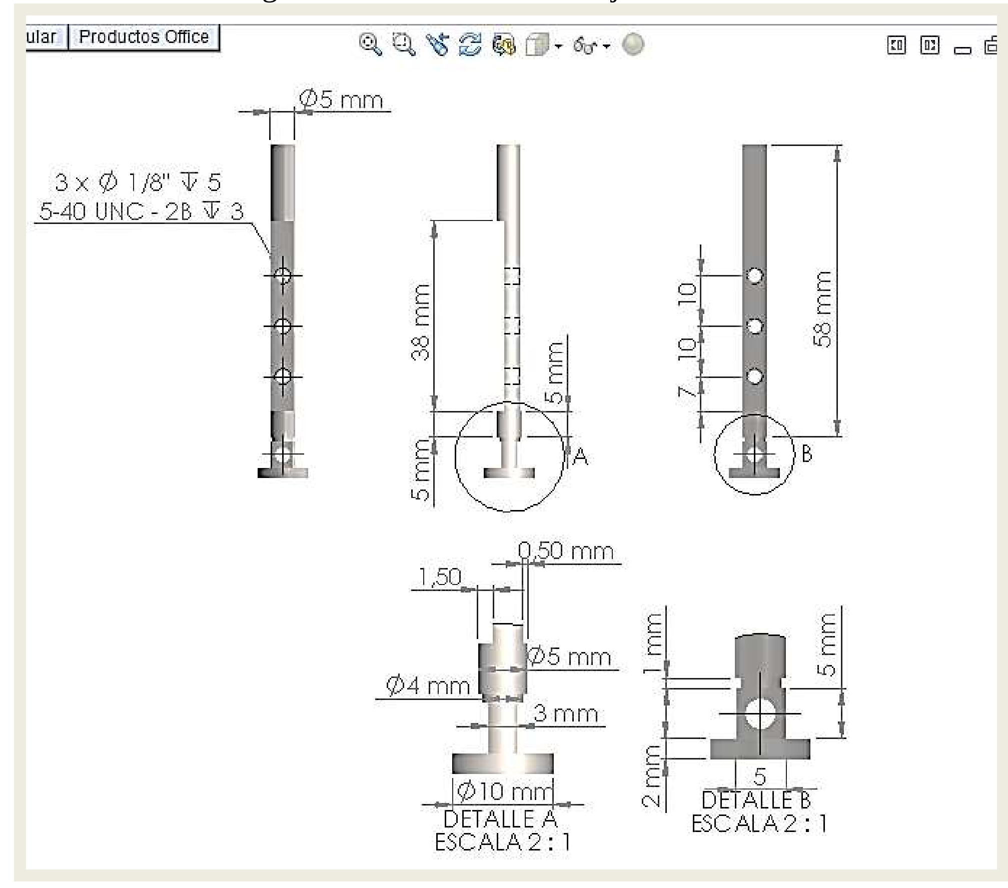
Se diseña los ejes de las válvulas, con las medidas utilizadas en los cálculos.

Figura 59. Ejes de las válvulas



Fuente: Autor

Figura 60. Dimensiones del eje de válvulas



Fuente: Autor

Al haber obtenido el diseño del eje de la válvula, se realiza la perforación de los agujeros en el colector de admisión.

3.5.3 *Perforación de los agujeros en el colector de admisión.* Se realiza los respectivos agujeros en el colector de admisión con las respectivas medidas y el número de chapaletas o válvulas que van por cilindro.

En éste caso como tenemos un colector de admisión para cuatro cilindros de doble vía dónde se adapta una válvula por cilindro, las dimensiones de los agujeros son de $\varnothing\ 5.5\ mm$ cómo se detalla en la Figura 61.

Figura 61. Dimensiones de los agujeros



Fuente: Autor

Para realizar el agujero debemos tener en cuenta de no obstruir el conducto de aire, porque a plena carga se necesita un abastecimiento total del aire al cilindro, por tal razón se optó por realizar de la siguiente forma como se muestra la Figura 61, el centro del eje del agujero coincida con el lado del conducto de aire paralelo al agujero.

Figura 62. Mecanizado de los agujeros



Fuente: Autor

3.5.4 *Cálculo para la palanca de control del eje de la válvula.* La temperatura del eje afecta directamente a la palanca de control el material que está construido es de acero y el coeficiente de expansión térmico $\alpha = 1.1x10^{-5}/°K$. La medida que se realiza el cálculo es 25 mm de la Figura 63 estos valores se remplaza en la ecuación (2).

Ecuación de la expansión térmica.

$$\Delta L = d * \alpha * \Delta T$$

$$\Delta L = 25mm * \frac{1.1x10^{-5}}{°K} * (348.98 - 293.15)°K$$

$$\Delta L = 0.01535325mm$$

El cálculo que se realiza para éste elemento que está sometido a flexión es la siguiente.

Figura 63. Sección de la palanca del eje

Fuente: Autor

Como el límite de flexión del acero A37-24-ES

$$\tau_{A37} = 1440\ {}^{Kg}/_{cm^2}$$

$$\tau_{A37} = 141.21\ {}^{N}/_{mm^2}$$

Ecuación del esfuerzo máximo a flexión.

$$\tau_F = \frac{6 * M_{MAX}}{b * h^2} \qquad (12)$$

Se remplaza el límite de flexión del acero en la ecuación de los esfuerzos (12).

$$141.21 \frac{N}{mm^2} = \frac{6\ M_{MAX}}{b\ h^2} \qquad (13)$$

Remplazar las medidas de la sección de la palanca de la Figura 63. Y calcular el momento máximo de la palanca.

$$141.21\frac{N}{mm^2} = \frac{6\ M_{MAX}}{5mm * 5^2mm^2}$$

$$M_{MAX} = \frac{17651.25Nmm}{6}$$

$$M_{MAX} = 2941.875Nmm$$

$$M_{MAX} = 2.941Nm$$

Como el momento máximo que nos da al calcular la chapaleta de la ecuación (5) es:

$$M_{MAX} = 1{,}1Nm$$

Comparar el momento máximo que resulta al calcular la palanca de control del eje podemos decir que el momento es admisible.

$$\eta = \frac{M_{MAX}\ \ palanca}{M_{MAX}\ chapaleta}$$

$$\eta = \frac{2.941Nm}{1.1Nm}$$

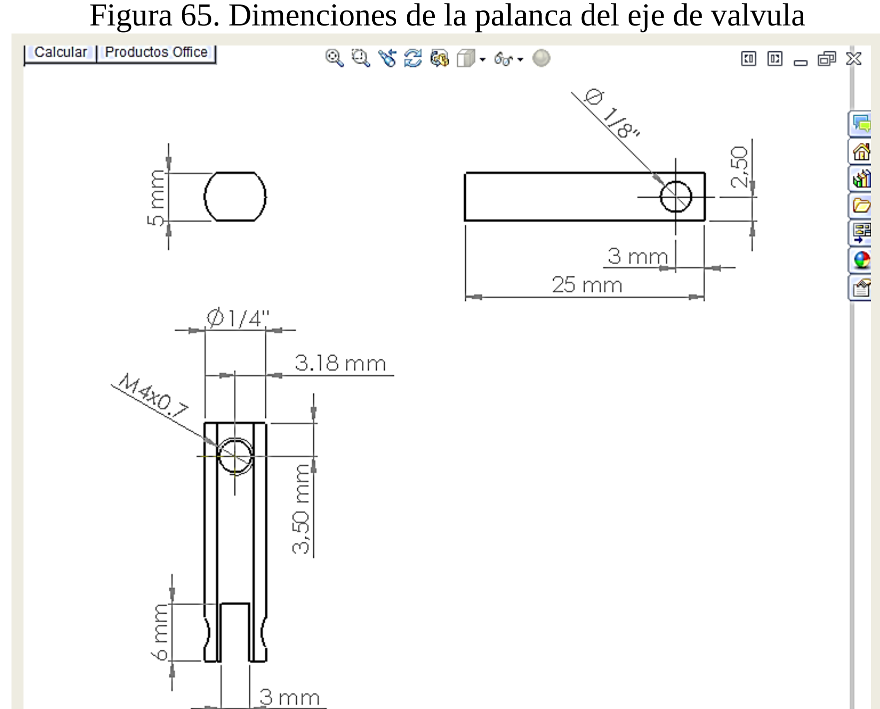
$$\eta = 2.65$$

La palanca de control del eje de válvulas permite girar al eje de válvula fácilmente, en un extremo de la palanca es acoplado al eje de la válvula y sujetado con un pasador y el otro extremo está acoplado a la barra principal.

Figura 64 Palanca de control del eje de válvulas

Fuente: Autor

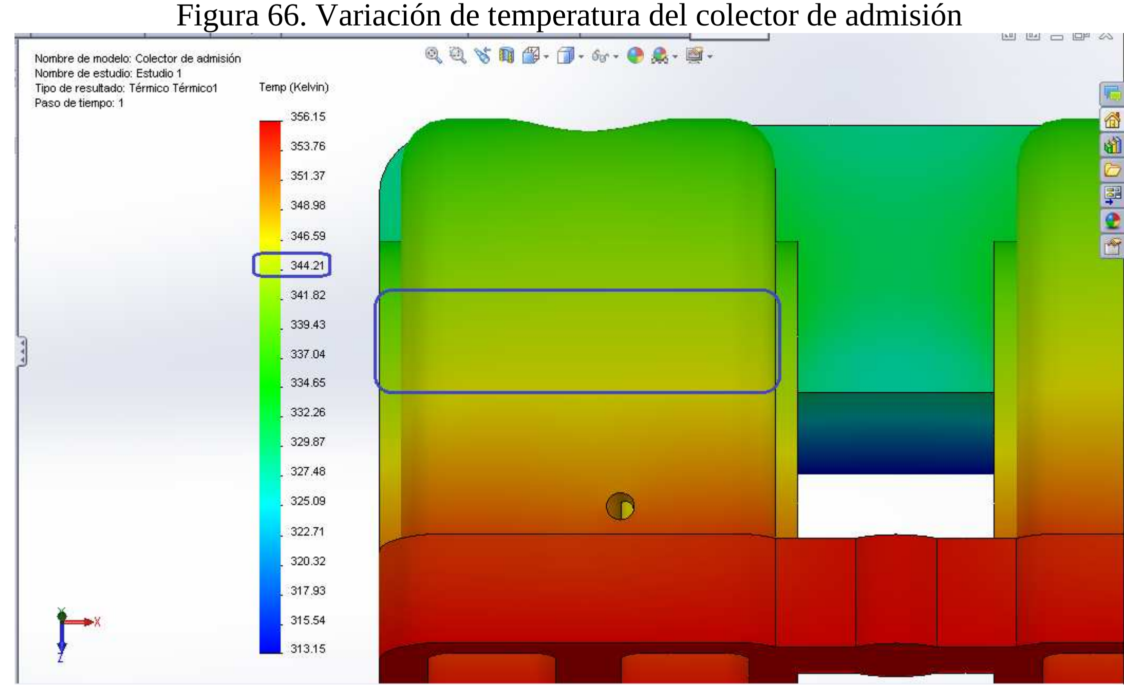
Figura 65. Dimenciones de la palanca del eje de valvula



Fuente:Autor

3.5.5 *Cálculos para la barra principal*. La barra adquiere la temperatura del colector de admisión cuando el motor está en funcionamiento. En la Figura 66 se observa a que temperatura se encuentra el colector y la variación de temperatura en la posición que se encuentra la barra principal.

Figura 66. Variación de temperatura del colector de admisión



Fuente: Autor

La temperatura que está afectando a la barra principal es de 344.21 °K (159.908 °F) con el cual se calculara la variación de la dimisión con coeficiente de expansión térmica del nylon 6/12 es $\alpha = 1.5x10^{-5}/°F$. La longitud de la barra es 390 mm que se detalla en la Figura 71 con estos datos se realiza se remplaza en la ecuación (2).

Ecuación de la expansión térmica.

$$\Delta L = d * \alpha * \Delta T$$

$$\Delta L = 390mm * \frac{1.5x10^{-5}}{°F} * (159.908 - 68)°F$$

$$\Delta L = 390mm * \frac{1.5x10^{-5}}{°F} * (91.908)°F$$

$$\Delta L = 0.53766mm$$

Calculo de expansión del material entre espacio de la palanca del eje.

$$\Delta L = 109.26mm * \frac{1.5x10^{-5}}{°F} * (159.908 - 68)°F$$

$$\Delta L = 109.26mm * \frac{1.5x10^{-5}}{°F} * (91.908)°F$$

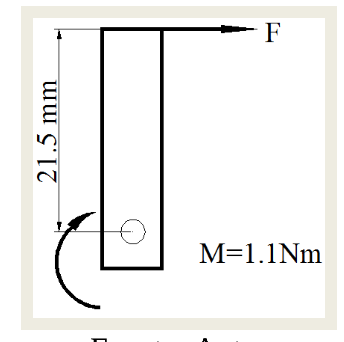
$$\Delta L = 0.150628mm$$

El valor obtenido en el cálculo $\Delta L = 0.150628mm$ no modificara la posición inicial de la válvula.

Para éste cálculo de la barra principal se define que está sometida atracción y compresión.

En la ecuación (5) el momento máximo que ejerce la presión atmosférica a la chapaleta es de $M_{MAX} = 1{,}1Nm$.

Figura 67. Momento máximo de la chapaleta



Fuente: Autor

El momento ejercido a la palanca del eje

$$M = F * d \tag{14}$$

Despejar la fuerza de la ecuación [14]

$$F = \frac{M}{d} \tag{15}$$

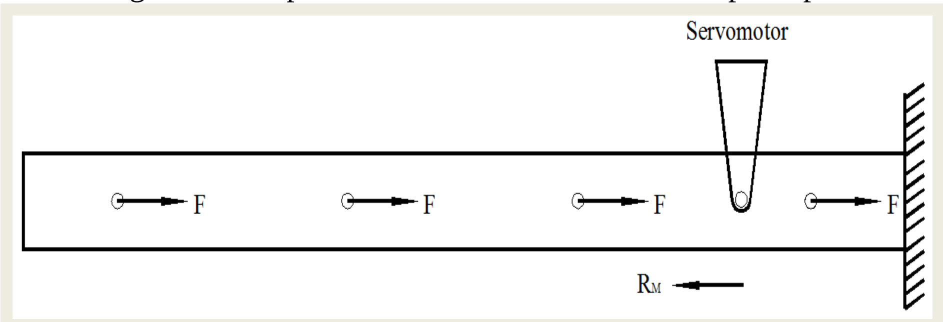
Remplazamos el momento máximo de la válvula $M_{MAX} = 1{,}1Nm$ (5) y la distancia de la palanca del eje $d = 21.5mm$ en la ecuación (15)

$$F = \frac{1.1Nm}{0{,}0215m}$$

$$F = 51.16\ N$$

La fuerza obtenida se realiza el cálculo para la barra principal, en el colector de admisión se encentra cuatro chapaletas las cuales influyen en esta barra y por ende la disposición de las fuerzas es de la siguiente forma como se muestra en la Figura 68.

Figura 68. Disposición de las fuerzas en la barra principal



Fuente: Autor

Para realizar éste cálculo se considera que el sistema está empotrado por motivo que el la **R_M** fuerza del servomotor que se opone a estas fuerzas que ejerce las chapaletas. Cada **Fuerza** va a realizar un esfuerzo de compresión realizamos el cálculo dónde va a puntuar la fuerza R_M.

Sumatoria de fuerzas en X

$$\sum F_x = 0 \tag{16}$$

$$4F - R_M = 0$$

$$R_M = 4F$$

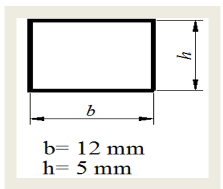
Se remplazar (35) en la ecuación (37)

$$R_M = 4(51.16\,N)$$

$$R_M = 204.64\ N$$

Calculo del esfuerzo a tracción

Figura 69. Sección de la barra principal



Fuente: Autor

$$A = b * h \tag{17}$$

$$A = 12mm * 5mm$$

$$A = 60mm^2$$

Ecuación del esfuerzo a tracción

$$\tau_A = \frac{F}{A} \tag{18}$$

Sustituir

$$\tau_A = \frac{R_M}{A}$$

Remplazar los valores (RM), (A) en la ecuación del esfuerzo a tracción (18)

$$\tau_A = \frac{204.64N}{60mm^2}$$

$$\tau_A = 3.41\,{}^{N}/_{mm^2}$$

Una vez obtenido el resultado del esfuerzo a tracción que está la barra principal se le compara con el esfuerzo de tensión del material utilizado

$$\eta = \frac{\tau_{Adm}\ \ Nylon\ estilo\ 319}{\tau_A\ calculado}$$

$$\eta = \frac{80\,{}^{N}/_{mm^2}}{3.41\,{}^{N}/_{mm^2}}$$

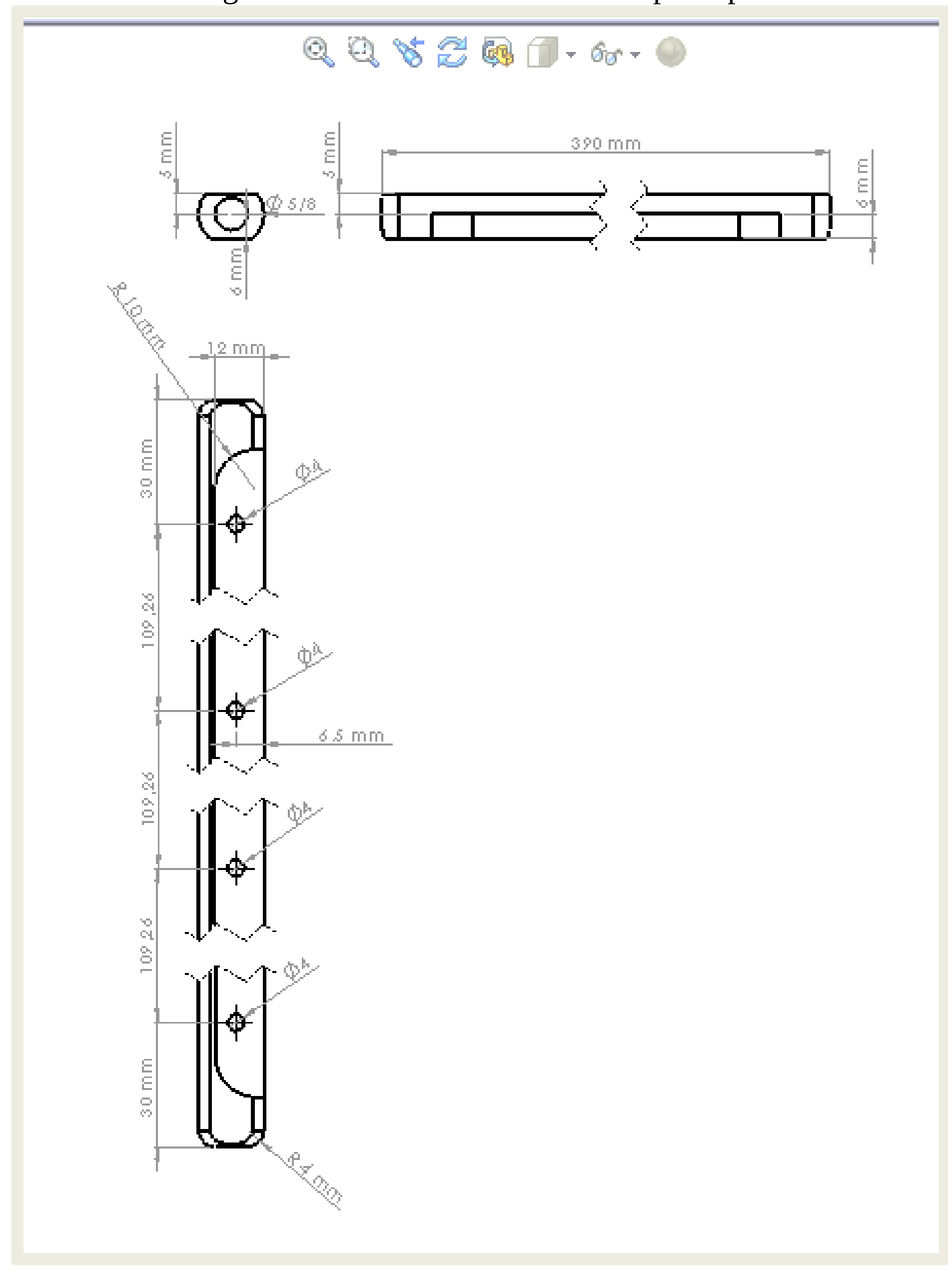
$$\eta = 23.46$$

Figura 70. Barra principal



Fuente: Autor

Figura 71. Dimensiones de la barra principal

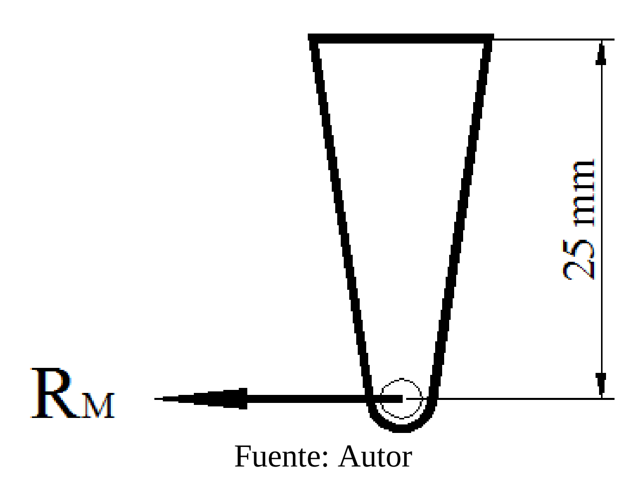


Fuente: Autor

3.5.6 *Cálculo de selección del Servomotor.* Para el cálculo se debe tener en cuenta la suma de las fuerzas R_M que ejerce cada válvula a la barra principal realizando los cálculos correspondientes se obtendrá el torque necesario del servo motor.

Figura 72. Selección del servomotor





Fuente: Autor

Torque necesario del servomotor.

$$T = F * d \tag{19}$$

Distancia de la palanca del servomotor.

$$d = 25\ mm$$

La fuerza que se requiere para la selección del servomotor R_M se remplaza en la ecuación (20).

$$T = R_M * d$$

Sustituyendo los valores obtenidos de (R_M), (d)

$$T = 204.64\ N * 25\ mm$$

$$T = 5116Nmm$$

$$T = 5.116Nm$$

$$T = 51.16Kg * cm$$

El torque necesario calculado para ele servomotor es $51.16Kg * cm$ el servomotor que se encuentra a disposición tiene un torque de $60\ Kg * cm$.

Figura 73. XQ-PODER XQ-S5650D Brushless Servo Digital 60kg/8.5V de Modelo RC



Fuente: http://www.thanksbuyer.com/xq-power-xq-s5650d-brushless-digital-servo-60kg-8-5v-for-rc-model-19710?filter_tag=&sort=rating&order=DESC&page=2&limit=75

Servos digitales de alta calidad de XQ energía con circuitos de alto voltaje. Los engranajes de titanio y los cables de alta calidad ayudan a dominar el poder, mientras que la caja de metal de plástico y ayuda a dispersar el calor y reducir la flexión durante el uso.

Características:

Soporte de alta tensión

Engranaje Titanium

Resistente al agua

Caja de plástico, resistentes al calor ya la corrosión

Aluminio medio casco, fácil de eliminar el calor

Adoptar motor sin núcleo de alta calidad

Ancho de banda muerta pequeña y señal de alta velocidad de transmisión y recepción

Especificaciones:

Banda muerta: 2µs

Sistema de control: PWM

Rango de temperatura: -25 ~ 70 ℃

360 ° modificable: NO

Tipo de motor: Motor sin núcleo

Tipo de rodamiento: Doble Rodamiento de Bolas

Tipo de engranaje: Engranajes Titanium

Programable: NO

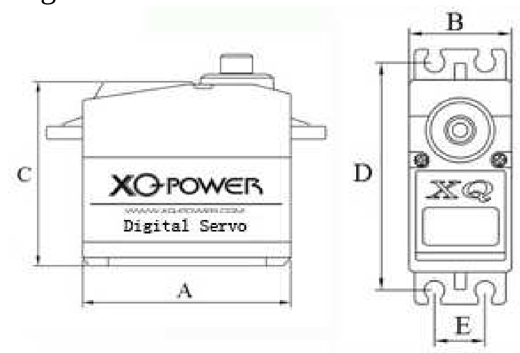
Velocidad: 7,2 V: 0.20sec/60 °, 8.5V: 0.18sec/60 °

Torque: 7.2V: 48 kg / cm 8.5V: 60 kg / cm

Voltaje: 7.2V - 8.5V

Peso: 177.5g

Figura 74. Dimensiones del servomotor



Fuente: http://www.thanksbuyer.com/xq-power-xq-s5650d-brushless-digital-servo-60kg-8-5v-for-rc-model-19710?filter_tag=&sort=rating&order=DESC&page=2&limit

Tabla 10. Dimensiones del servomotor

A(mm)	60.1
B(mm)	30.1
C(mm)	59.7
D(mm)	77
E(mm)	22

Fuente: Autor

3.6 Diseño electrónico del sistema de admisión variable

El control del sistema de admisión variable es automático en función de la temperatura del motor de combustión interna abriendo o cerrando las válvulas del múltiple de admisión para regular la turbulencia, elevando la velocidad aire por la variación de la sección.

El sensor MAF – IAT censa el flujo y la temperatura de aire de admisión; estas señales son recibidas por el módulo de control electrónico dependiendo la temperatura del motor el servomotor abre o cierra las válvulas generadoras de turbulencia del múltiple de admisión como se muestra en la siguiente Figura 75.

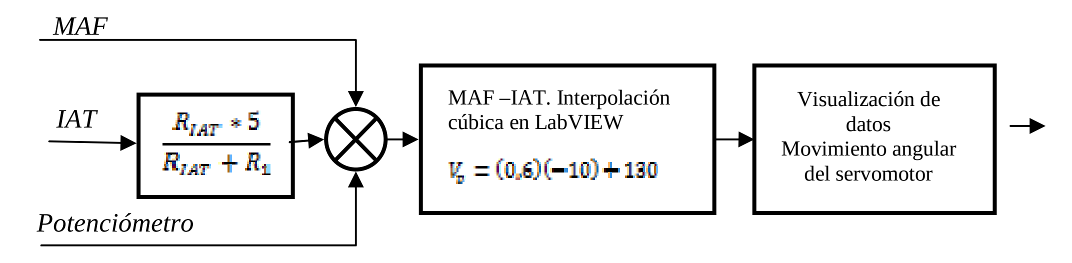
Figura 75. Diagrama de funcionamiento del sistema de admisión variable



Fuente: Autor

3.6.1 *Funcionamiento del módulo electrónico.* El módulo de control efectúa proceso de lazo abierto al no existir retroalimentación de información.

Figura 76. Modelación matemática



Fuente: Autor

Figura 77. Entrada, Proceso y Control del sistema de admisión variable





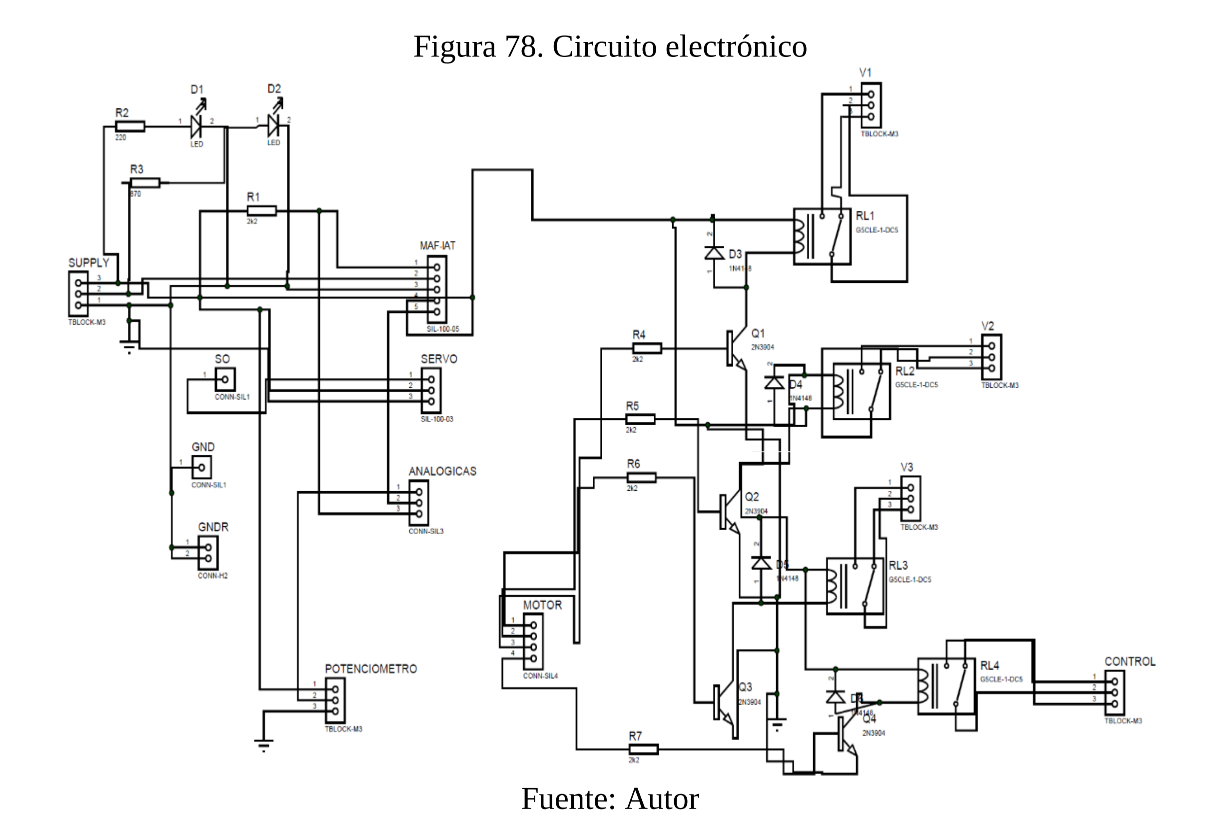
Fuente: Autor

3.6.2 *Implementación de hardware.* La implementación del hardware se efectuó con el Arduino UNO R3 el cual facilita la comunicación de los sensores y control del turbo y una placa desarrollada para acondicionar las señales provenientes de los sensores y el control automático y manual para el control del turbo.

3.6.2.1 *Circuito del control del turbo y sensores MAF-IAT*. El diseño de la placa se basa en la alimentación y control del circuito con el objetivo de controlar, manipular y acondicionar las señales de los sensores.

Esta placa se alimenta con una fuente reguladora de voltaje que entrega al circuito 5 voltios y 12 voltios en voltaje continuo y tierra GND.

Figura 78. Circuito electrónico



Fuente: Autor

Configuración del SUPPLY

- Pin 3 es alimentado por 5 voltios.
- Pin 2 es alimentado por 12 voltios.
- Pin 1 es Tierra GND común.

3.6.2.2 *Control electrónico del turbo*. La placa electrónica por está diseñada para controlar el motor del turbo desde la computador con el interfaz de Arduino UNO R3 y el software diseñado en LabView con el propósito de dar versatilidad a la funcionalidad del proyecto.

El diseño electrónico de la placa se detalla en la Figura 79 y la disposición de los relés que controla cada velocidad de giro del motor del turbo.

Figura 79. Control motor del turbo

Fuente: Autor

Componentes de la placa de control del turbo:

- El modo automático es controlado por relés de 5V
- RL1 controla la velocidad mínima del motor.
- RL2 controla la velocidad media.
- RL3 controla la velocidad máxima del motor.
- RL4 activa el control manual y suspende el control automático del motor.
- MOTOR conectores del Arduino UNO R3.
- Manual por medio de un interruptor rotativo.

3.6.2.3 *Acondicionamiento y recepción de las señales de los sensores.* Para el sensor MAF-IAT la placa desarrollada alimenta y acondiciona la señal para que LabVIEW procese la señal por medio del interfaz de Arduino UNO R3.

Figura 80. Sensor MAF-IAT

1 Señal IAT
2 Alimentación MAF 12 voltio
3 Tierra GND
4 Voltaje de referencia MAF
5 Señal MAF

Fuente: http://biblio3.url.edu.gt/Libros/2012/common.pdf

3.6.2.4 *Disposición de los pines para el sensor en el circuito.* El sensor MAF-IAT está acondicionado por 5 pines para alimentar y enviar información a la ECM, para lo cual se tiene que realizar un circuito que acondicione la información del sensor.

Figura 81. Alimentación y acondicionamiento de las señales

MAF-IAT es un molex de 5 pines.

ANALOGICAS señales que van al Arduino UNO R3 de los sensores y el potenciómetro.

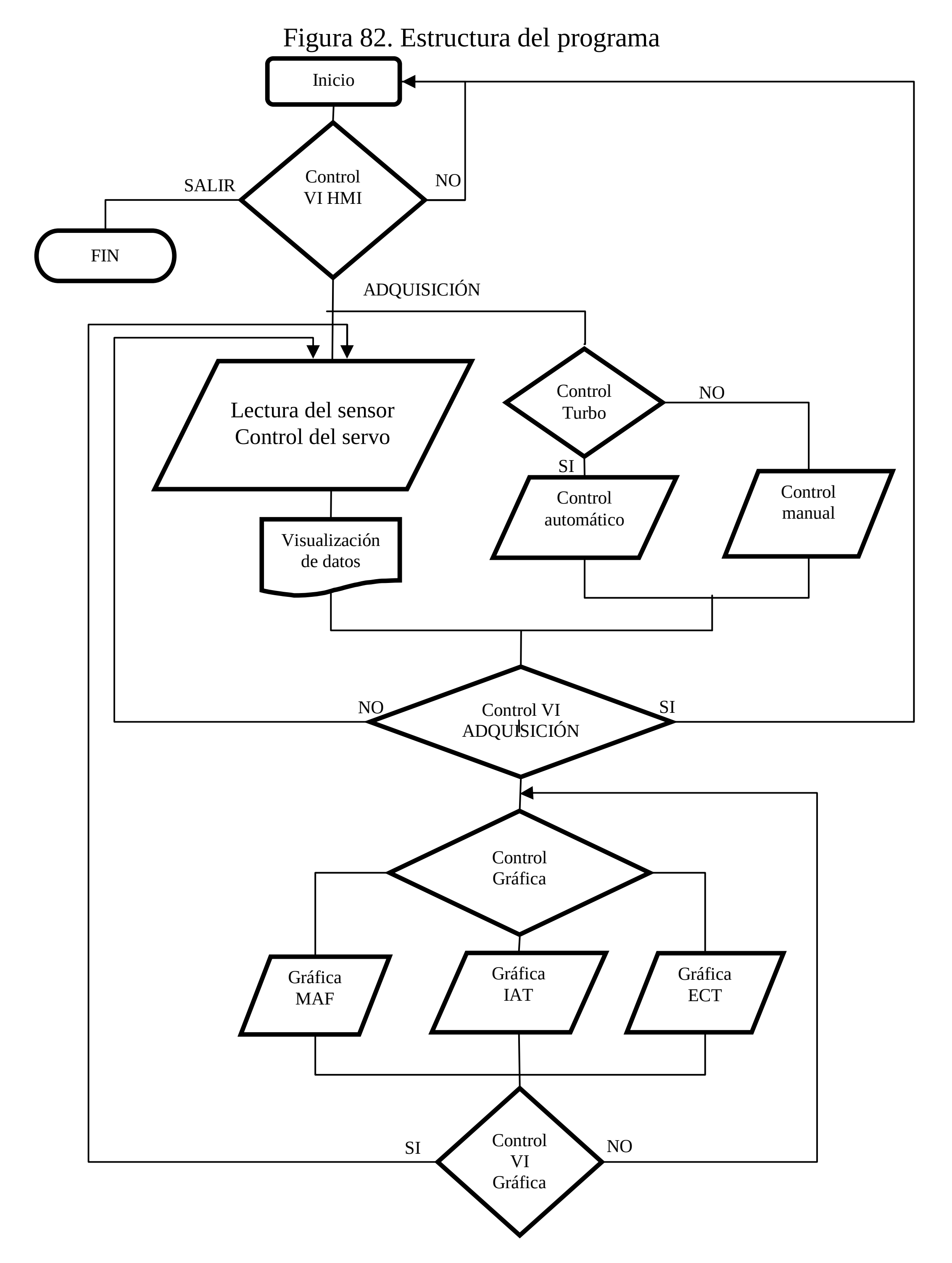
POTENCIOMETRO simula el sensor de temperatura del motor ECT.

Fuente: Autor

3.7 Software de control y proceso utilizando LabVIEW

3.7.1 *Estructura del programa.* El programa realiza diferentes procesos que facilita la comunicación hombre máquina (HMI), recibe información y visualización de datos de los sensores, control automático del turbo y gráficas de las señales de los sensores.

Figura 82. Estructura del programa



Fuente: Autor

3.7.2 *Interfaz Usuario (HMI).* El VI principal dónde contiene información general de la tesis:

Figura 83. Índex o caratula

INDEX.vi Front Panel on Admision Variable.lvproj/My Computer
File Edit View Project Operate Tools Window Help
15pt Application Font
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
TESIS TITULADA:
"IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DIDÁCTICO PARA EL SISTEMA DE ADMISIÓN VARIABLE CON VÁLVULA REGULADORA DE TURBULENCIA (VSA) PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ"
REALIZADO POR: JORGE ERNESTO MONTAGUANO GUATO
RIOBAMBA - ECUADOR
2013
ADQUISICIÓN
SALIR

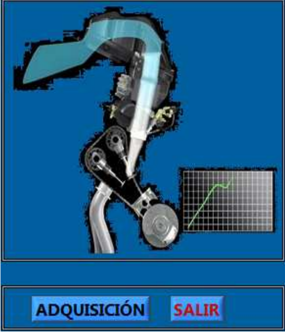
Fuente: Autor

Éste VI contiene:

- Panel frontal
- Diagramas de bloques

Éste VI tiene dos opciones ADQUISICIÓN y SALIR.

Figura 84. Opciones ADQUISICIÓN SALIR



Fuente: Autor

La opción ADQUISICIÓN abre llama a una nueva ventana que indica y controla información de los sensores y control del turbo con un sub VI ADMISIÓN.

La opción SALIR finaliza el proceso, cerrando la ventana principal.

3.7.3 *Obtención de datos.* Éste Sub VI aparece al dar clic en ADQUISICIÓN de la caratula en la Figura 99. Aquí indica gráficamente la disposición de los sensores, el control automático del turbo, y la gráfica de trabajo de los sensores.

Figura 85. Adquisición de datos

Fuente: Autor

Los distintos procesos que ejecuta el programa se lo realiza en el diagrama de bloques en dónde se insertan los VI para las operaciones requeridas en el desarrollo del control y obtención de datos ver Anexo B.

3.7.4 *Configuración del Arduino UNO R3 en el diagrama de bloques.* Inicializa una conexión con Arduino ejecutar el interfaz de LabVIEW para el croquis de Arduino.

La velocidad de transmisión especificada debe coincidir con la velocidad definida por DEFAULTBAUDRATE en el firmware Arduino. El byte de entrada Per Packet debe coincidir con el COMMANDLENGTH especificado en el firmware Arduino UNO R3.

Nombre de recurso VISA especifica el recurso que se abrirá. El control de nombre de recurso visa también específica la sesión y clase.

VISA elige el COM asignado por Arduino UNO R3 para la comunicación serial USB

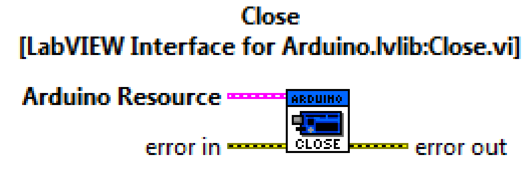
Figura 86. Comunicación con Arduino UNO R3

Init
[LabVIEW Interface for Arduino.lvlib:Init.vi]
VISA resource
Baud Rate (115200)
Board Type (Uno)
Bytes Per Packet (15)
Connection Type (USB/Serial)
error in
Arduino Resource
error out

Fuente: Autor

Para cerrar el puerto físico que abre Arduino UNO R3 se debe seleccionar el Close el cual cierra el COM físicamente con el objetivo que no quede abierto el puerto físico.

Figura 87. Instrumento virtual para cerrar el puerto físico

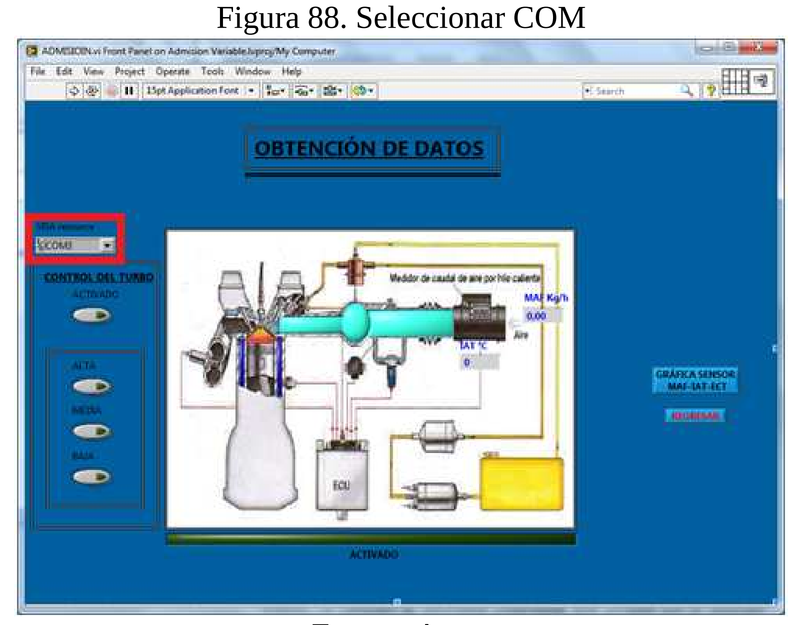


Closes the active connection to an Arduino.

Fuente: Autor.

3.7.5 *SubVI ADMISIÓN.* Si existe comunicación con Arduino UNO R3 aparece la barra de información del puerto de comunicación, al no existir se debe seleccionar el VISA Resourse el puerto de comunicación que es direccionado por Arduino UNO R3 se selecciona el COM que aparece en la siguiente figura.

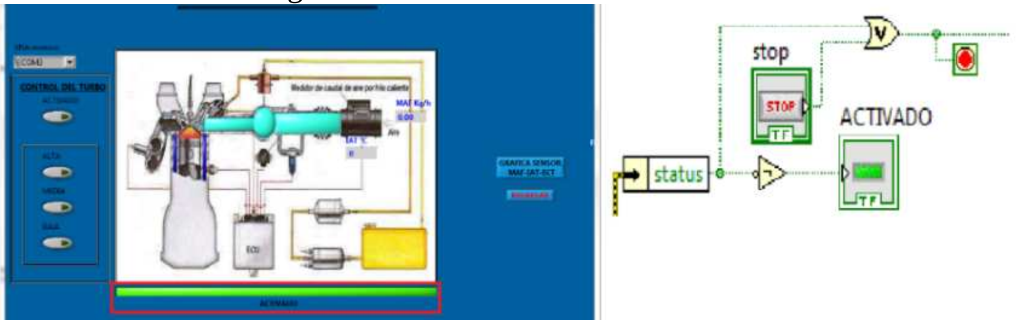
Figura 88. Seleccionar COM



Fuente: Autor

3.7.6 *Aviso de conexión entre al Arduino-LabVIEW.* La programación informa si/no hay comunicación entre LabVIEW y Arduino UNO R3 al usuario .Si existe comunicación se enciende una la luz verde por el contrario al no tener comunicación se debe cambiar a otro puerto USB de la PC.

Figura 89. Conexión Arduino-LabVIEW



Fuente: Autor

3.7.7 *Ubicación de los sensores en la pantalla.* Controla las funciones del tablero didáctico y exhibe información proveniente de los sensores MAF-IAT dentro de los parámetros funcionales de las curvas características de comportamiento, estas curvas son expuestas en gráficos en función de sus variables.

Figura 90. Datos reales de los sensores



Fuente: Autor

Al recibir información del sensor MAF cambia el color de celeste a azul en la imagen prediseñada simulando que está entrando aire al sistema de admisión.

3.7.8 *Lectura de los sensores MAF-IAT y ECT (Potenciómetro).* Las señales de los sensores están acondicionadas en el hardware lo que permite tener una lectura directa en LabVIEW como se muestra en la Figura 91.

Figura 91. Lectura de los sensores MAF-IAT y ECT en LabVIEW

Fuente: Autor

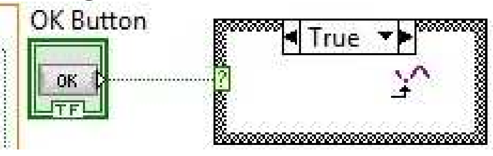
La curva de trabajo de los sensores se interpola los datos que se encuentra en los datasheets de los sensores para obtener valores en tablas y comparar con los valores que envía los sensores.

Una vez obtenidos los datos se grafica en 2D como se muestra en la Figura 96.

3.7.9 *Interpolación cubica de las señales de los sensores MAF-IAT y ECT (Potenciómetro).* Con los valores obtenidos al interpolar, se grafica en coordenadas rectangulares. Dónde se muestra la operación de la interpolación VI 1D usando tres conjuntos de prueba seleccionables.

Éste VI llama a las gráficas que se desea visualizar.

Figura 92. Disposición de las gráficas de los sensores MAF-IAT y ECT en LabVIEW

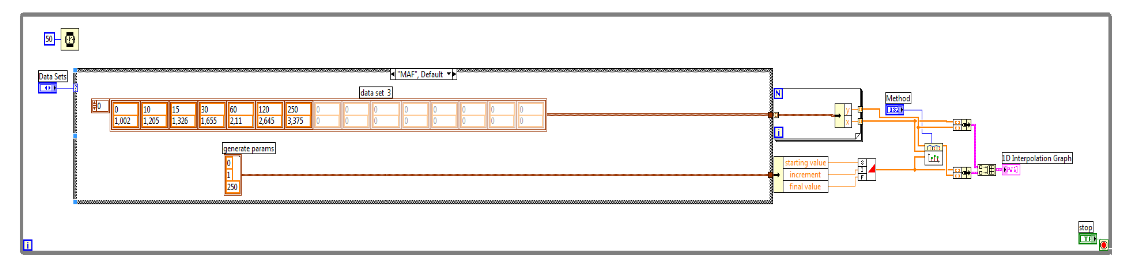


Fuente: Autor

Los datos de las señales de los sensores que se encuentra en los “datasheets” se insertan en la tabla de interpolación para cada uno de los sensores MAF-IAT, ECT. Los datos de interpolación son enviados a graficar con los parámetros respectivos de cada uno de los sensores para el sensor ECT está simulado por un potenciómetro de 10KΩ.

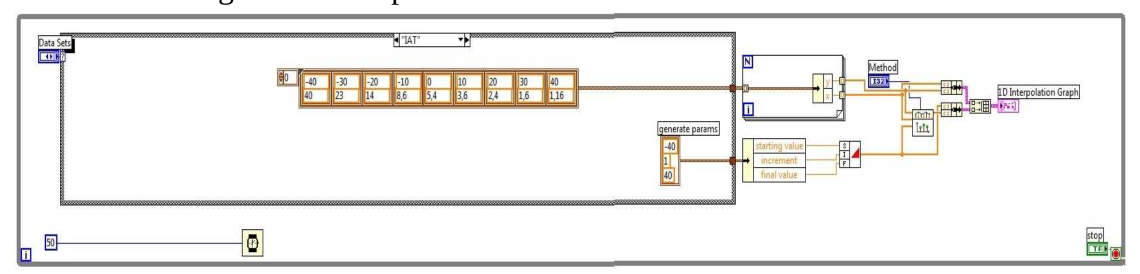
El VI realiza la interpolación cúbica de los datos del datasheet del sensor MAF-IAT como se muestra en la Figura 93 y Figura 94.

Figura 93. Interpolación cubica de los datos del sensor MAF



Fuente: Autor

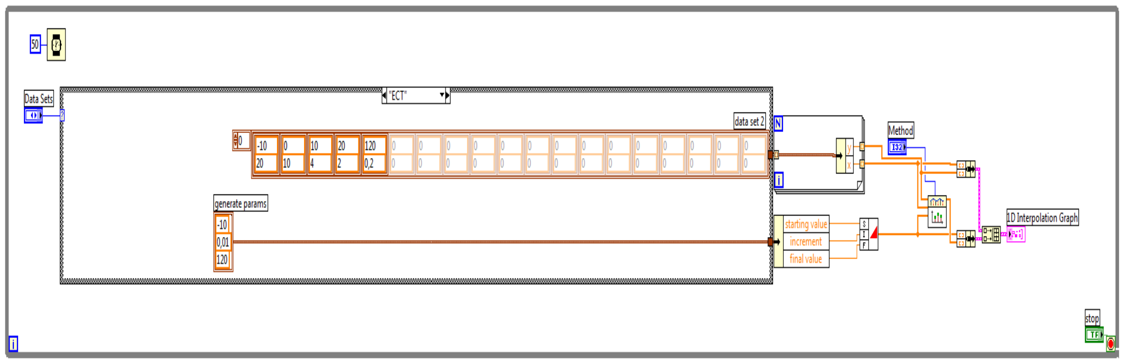
Figura 94. Interpolación cubica de los datos del sensor IAT



Fuente: Autor.

Los parámetros de trabajo del sensor ECT (Potenciómetro) se basan en el régimen de trabajo.

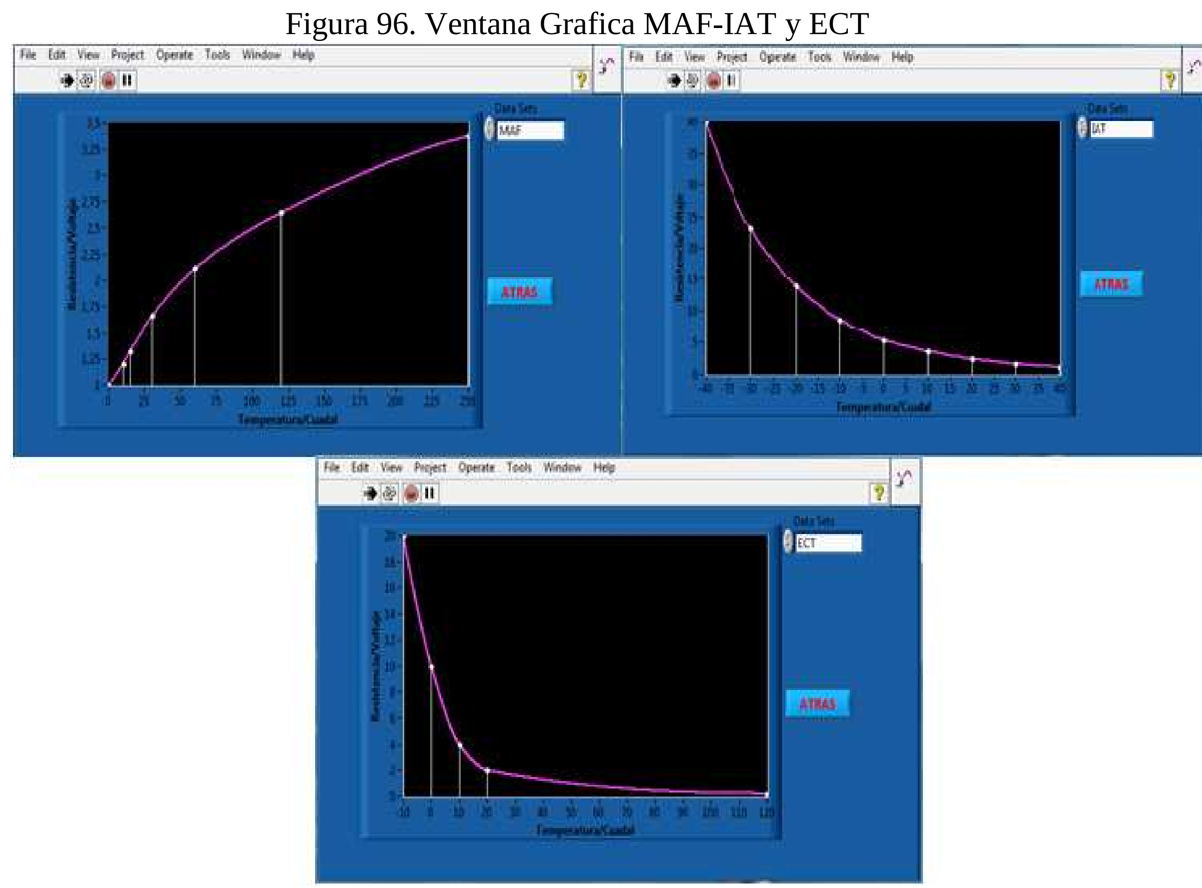
Figura 95. Interpolación cubica de las señales del sensor ECT (Potenciómetro)



Fuente: Autor

3.7.10 *Gráfica de las señales de los sensores MAF-IAT y ECT (Potenciómetro).* Las gráficas son interpretaciones de los valores de las interpolaciones de los datos de los sensores que facilita el entendimiento del trabajo según las prestaciones que se encuentra sometido.

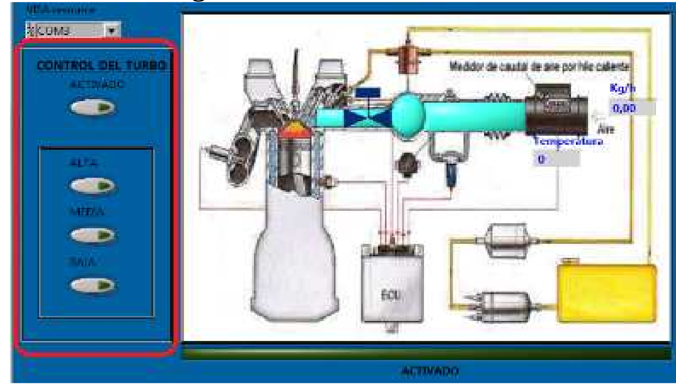
Figura 96. Ventana Grafica MAF-IAT y ECT



Fuente: Autor

3.7.11 *Control automático del turbo LabVIEW.* El control del turbo hay que accionar el pulsador ACTIVADO con lo que se logra tener control desde el software variando las velocidades BAJA, MEDIA, ALTA del turbo.

Figura 97. Control del tubo



Fuente: Autor

El software para el control del turbo se realizó la siguiente programación como se muestra en la Figura 98. Que se obtiene el control de las diferentes velocidades que el turbo trabaja.

Figura 98. Diagrama de bloques (CONTROL DEL TURBO)

Fuente: Autor

ACTIVADO pone en funcionamiento los tres pulsadores del control de turbo.

ALTA, MEDIA, BAJA

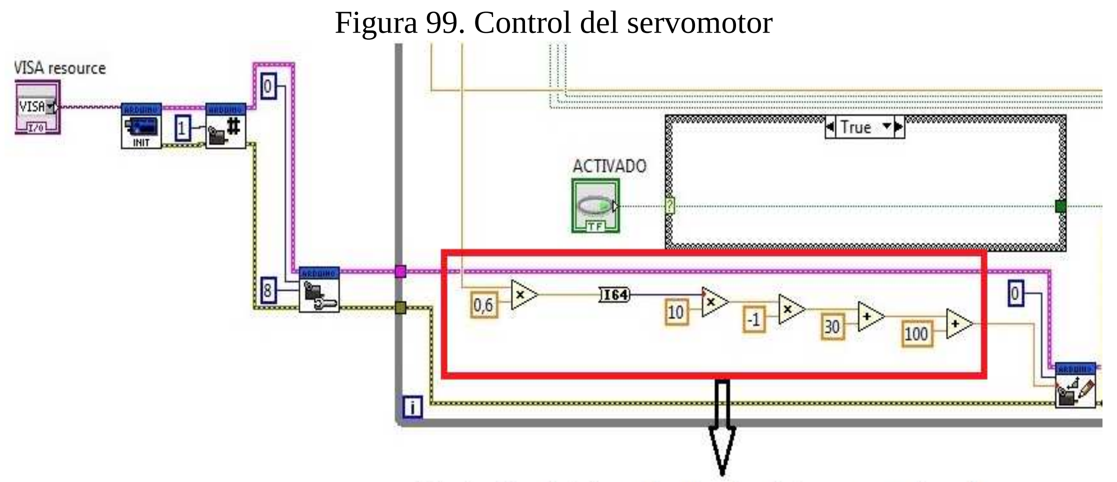
Al accionar un pulsador los otros dos se desactivan.

ALTA se desactivan MEDIA y BAJA se inserta un booleano de TRUE o FALSE

3.7.12 *Control del servomotor.* En la programación de LabVIEW inicialmente se informara el número de conjuntos de los servos y crea espacios de memoria en el Arduino UNO R3, para el número especificado de los servos. Éste VI crea una matriz indexada que empieza en cero el número de los servos y va aumentando progresivamente. Después de llamar a éste VI se puede hacer referencia a cada servo por número (comenzando con servo 0).

Para controlar el servo motor se debe configurar el **Set Number of Servos** dando un valor de servos a controlar.

Figura 99. Control del servomotor



Variación del ángulo de giro del servomotor de 0° a 30° en función de ángulo del potenciómetro

Fuente: Autor

En la programación del VI del Arduino UNO R3 inicia informando el número de servos (1) que va a controlar, el pin de control de entrada/salida (8), inicio de conteo del servo (0).

CAPÍTULO IV

4. PRUEBAS DEL SISTEMA DE ADMISIÓN VARIABLE

4.1 Funcionamiento del tablero

4.1.1 *Señales de los sensores MAF-IAT.* Para éste apartado se considerara las señales de los sensores que se compara con los voltajes de funcionamiento real en un vehículo y la perfecta activación y desactivación del turbo compresor de aire teniendo así la siguiente tabla comparativa.

Tabla 11. Voltaje de los sensores.

SENSORES Y ACTUADORES	SEÑAL DE VOLTAJE DEL BANCO DIDACTICO	SEÑAL DE VOLTAJE REAL EN UN VEHÍCULO
MAF	1.15V – 4.32V	1.16V - 4. 485V
IAT	1.26V – 4.08V	1.201V – 4.55V

Fuente: Autor.

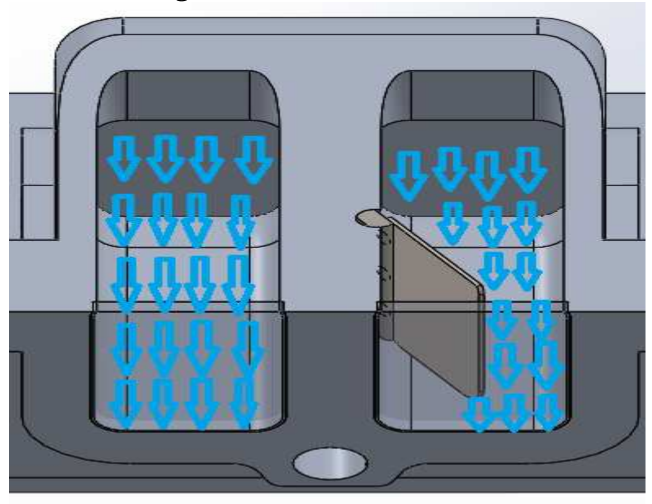
4.2 Simulación en SolidWorks el funcionamiento de la válvula o chapaleta

4.2.1 *Características del flujo en el múltiple de admisión.* El fluido con que realiza la simulación en SolidWorks es el aire atmosférico. Las líneas del aire, que se extienden desde el motor hasta el exterior, deben diseñarse para velocidades del aire de 15 a 30 m/s.

El componente de SolidWorks que se utiliza para realizar la simulación del colector de admisión variable es el Flow Simulation. Los parámetros de presión de entrada de aire es atmosférica y la velocidad de descarga de 16 m/s, razón que el motor se encuentra en ralentí.

4.2.1.1 *Cálculo de la velocidad del aire.* En la Figura 100 se indica la variación del área de salida del aire actuada por la válvula o chapaleta, el cambio de sección de un fluido se consigue elevar la velocidad a que está circulando.

Figura 100. Válvula cerrada



Fuente: Autor

Al disminuir la sección de salida de los fluidos se cambia el comportamiento físico.

Ecuación del caudal.

$$Q = v * A \tag{20}$$

Dónde:

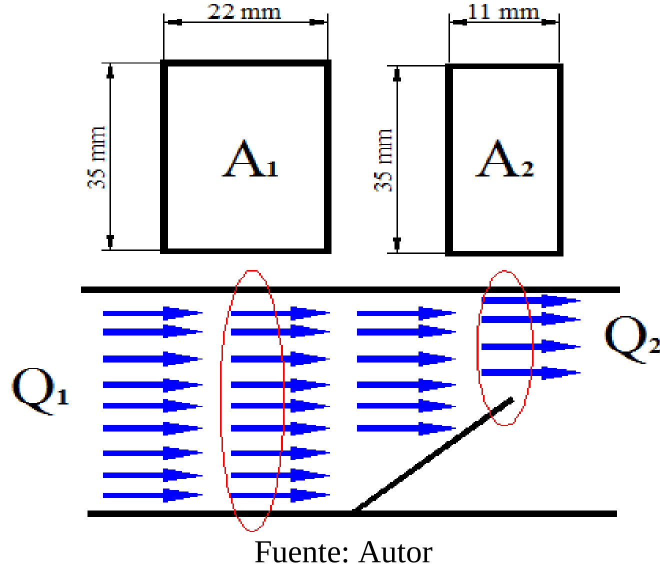
v = velocidad.

A= área.

La ecuación de la continuidad

$$Q_1 = Q_2 \tag{21}$$

Figura 101. Variación del área por la válvula cerrada



Fuente: Autor

Cálculos de la sección rectangular

$$A = b * h \tag{22}$$

Sección 1

$A_1 = 22mm * 35mm$

$$A_1 = 770\ mm^2$$

Sección 2

$$A_2 = 11mm * 35mm$$

$$A_2 = 385\ mm^2$$

Remplazando la ecuación del caudal (24) en la ecuación continuidad (25)

$$v_1 * A_1 = v_2 * A_2$$

Despejar la velocidad V_2

$$v_2 = \frac{v_1 * A_1}{A_2}$$

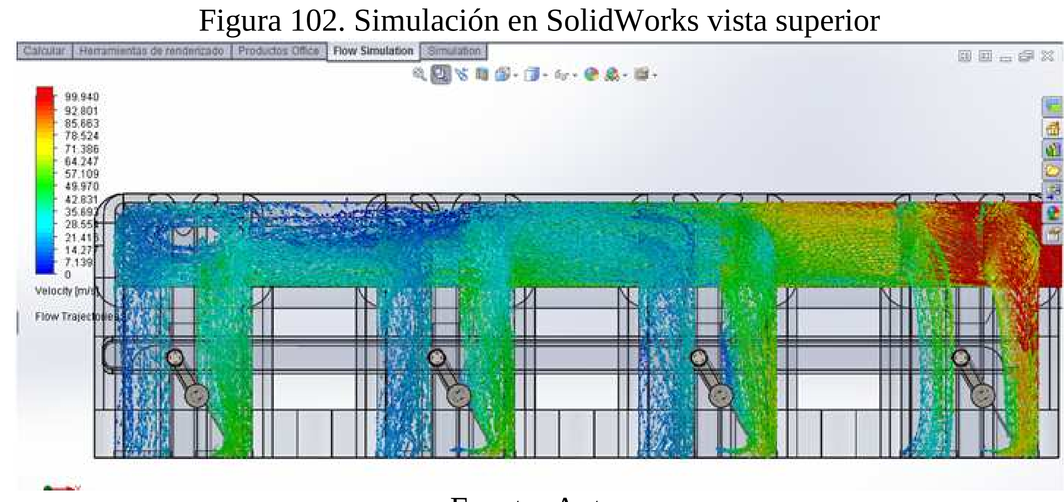
Sabiendo que la velocidad a que se desplaza el aire en la sección A_1 es de 16 m/s.

$$v_2 = \frac{16\, {}^{m}/_{s} * 770\ mm^2}{385mm^2}$$

$$v_2 = 32\, {}^{m}/_{s}$$

El resultado del cálculo realizado anteriormente se verifica los valores obtenidos mediante el software de simulación como se muestra en la Figura 102y 103.

Figura 102. Simulación en SolidWorks vista superior



Fuente: Autor

Figura 103. Comportamiento del fluido en el colector

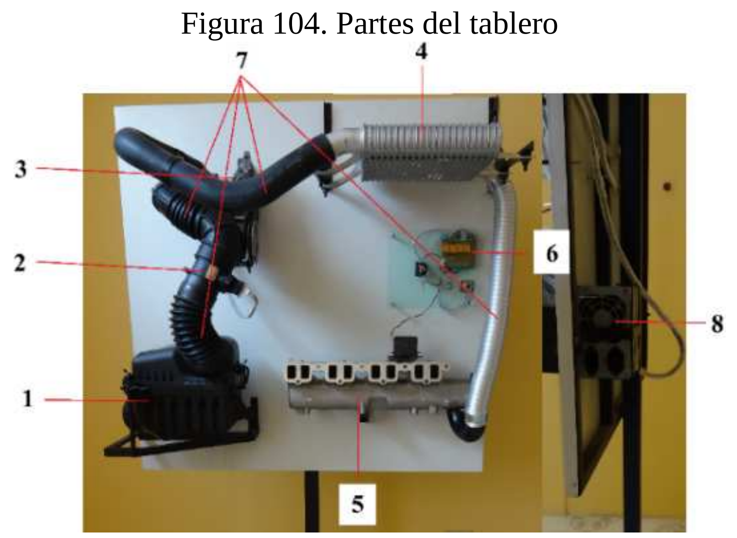
Fuente: Autor

El fluido al variar la sección de los conductos eleva la velocidad, la cual beneficia generando turbulencia al ingresar al cilindro.

4.3 Manual de usuario

Para tener un mejor funcionamiento del tablero didáctico se debe tener información general del tablero:

Figura 104. Partes del tablero



Fuente: Autor

Dónde:

1) Depurador o caja de filtro

2) Sensor MAF-IAT

3) Turbo

4) Intercooler

5) Colector de admisión

6) Módulo electrónico

7) Conductos de aire

8) Regulador de voltaje 5V-12V DC y 110V CA controlado por el switch

4.3.1 *Verificación del equipo.* Se debe realizar el reajuste de los pernos que sujetan las partes del tablero de sistema de admisión por las vibraciones que genera el motor del turbo con el objetivo de evitar desprendimientos de las partes y ruido al encontrarse flojas las partes que están sujetas.

Revisar las conexiones eléctricas que es encuentran en el motor del turbo.

Revisar la conexión del sensor MAF-IAT que se encuentra después del depurador.

Verifique la conexión entre el servomotor y el módulo.

Revisar las mangueras que se encuentra en el sistema esté bien colocadas, no tener fugas de aire

Revisar la lubricación del turbo, completar el nivel si éste se encuentra en mínima cantidad.

Lubricar los ejes de las válvulas.

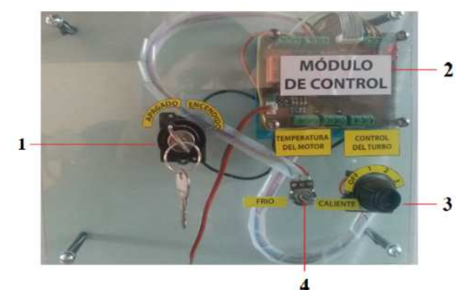
4.3.2 *Encendido del equipo.* El funcionamiento del tablero empieza desde los componentes del módulo de control que realiza el interfaz con la computadora.
Precaución:

Evitar contacto con el turbo cuando esté en funcionamiento automático o manual.

Módulo electrónico

El módulo electrónico realiza el interfaz que vincula la información de los sensores con la computadora.

Figura 105. Módulo electrónico del tablero



Fuente: Autor

Dónde:

1) Switch. Enciende/Apagado el regulador de voltaje que energiza las partes electrónicas del tablero como es el módulo electrónico sensores.

2) Módulo de control. Realiza el interfaz entre el tablero didacta y computadora. También acondiciona los voltajes y las señales de los sensores.

3) Control del turbo. Contacto de tres posiciones, realiza el control manual del turbo, varía las velocidades de giro del turbo.

4) Potenciómetro de 10KΩ. Mediante el desplazamiento angular del potenciómetro se controla el desplazamiento angular del servomotor abriendo y cerrando las válvulas o chapaletas**.**

4.4 Apagado del equipo

Éste procedimiento se realiza desde el módulo electrónico

- Poner el contacto de tres posiciones del control del turbo en la posición OFF ver (Figura 105).
- El módulo electrónico hay que poner el switch en posición Apagado (Figura 105).

Salir del software SDA.

Desconectar el USB de la computadora.

Limpieza del equipo

Limpieza exterior de las partes que compone el sistema de admisión:

- Limpiar el depurador y filtro de aire.
- Limpiar exteriormente el sensor MAF-IAT.

- Limpiar los conductos de aire.
- Limpiar el turbo.
- Limpieza del Intercooler.
- Limpiar el colector de admisión.
- Limpieza del servomotor.
- Limpiar el módulo electrónico.

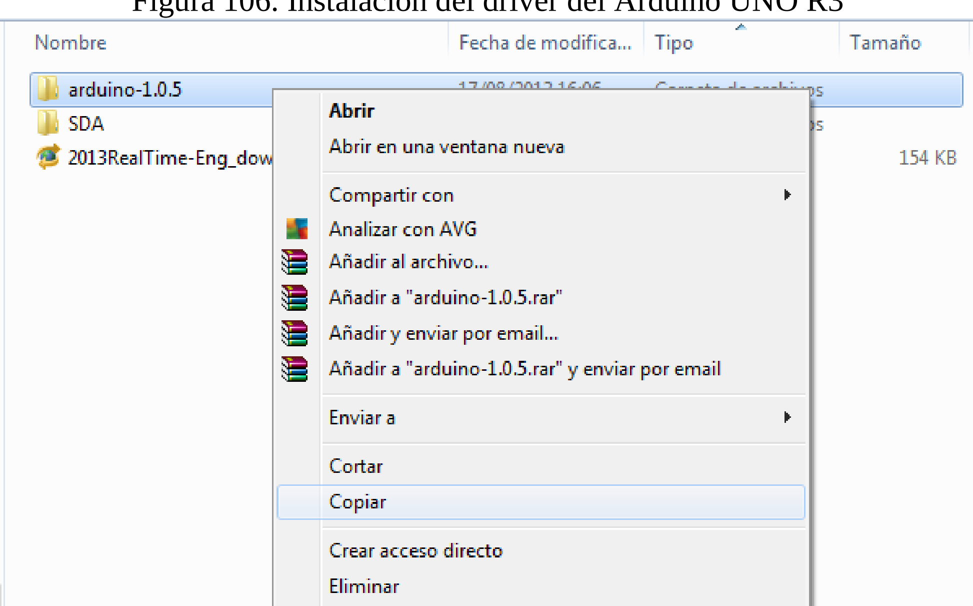
4.5 Instalación de software SDA y controlador del Arduino UNO

Para tener un perfecto funcionabilidad del tablero didáctico se realiza las siguientes instalaciones.

4.5.1 *Instalación del controlador del Arduino UNO.* La función del controlador es el reconocimiento del hardware una vez conectado a la computadora de la práctica.

1. Copiar la carpeta contenedora del driver o controlado del Arduino UNO R3 del instalador y pegar en el disco C.

Figura 106. Instalación del driver del Arduino UNO R3



Fuente: Autor

2. Después de haber copiado el controlador en el disco C. Conectamos el módulo electrónico a la computadora con el cable USB tipo AB.

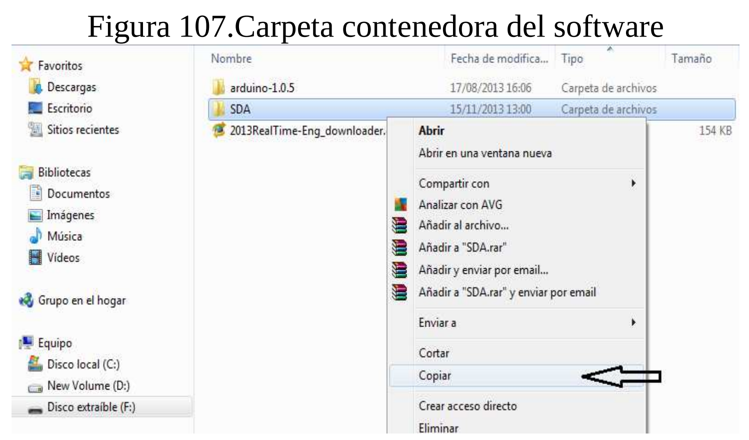
3. En el Anexo C se describe la instalación del controlador del Arduino UNO.

4.5.2 *Instalación del Real Time de la National Instrument.* Es un componente para el software del sistema de admisión variable SDA que se descarga desde la red de internet descargando desde la página web de la National Instrument de LabVIEW descrita en el Anexo D.

4.5.3 *Instalación del software SDA*

1. Copiar la carpeta desde el disco externo que se ha guardado (Figura 107).

Figura 107.Carpeta contenedora del software



Fuente: Autor

2. Pegar la carpeta en el Escritorio.

3. Abrir la carpeta SDA y hay que crear un acceso directo del ejecutable SDA.exe.

Figura 108. Crear acceso directo del ejecutable SDA

Fuente: Autor

4.6 Funcionamiento del software SDA

El funcionamiento del tablero debemos tener conexión entre el tablero y la computadora, conectando un cable USB de Tipo AB al módulo electrónico.

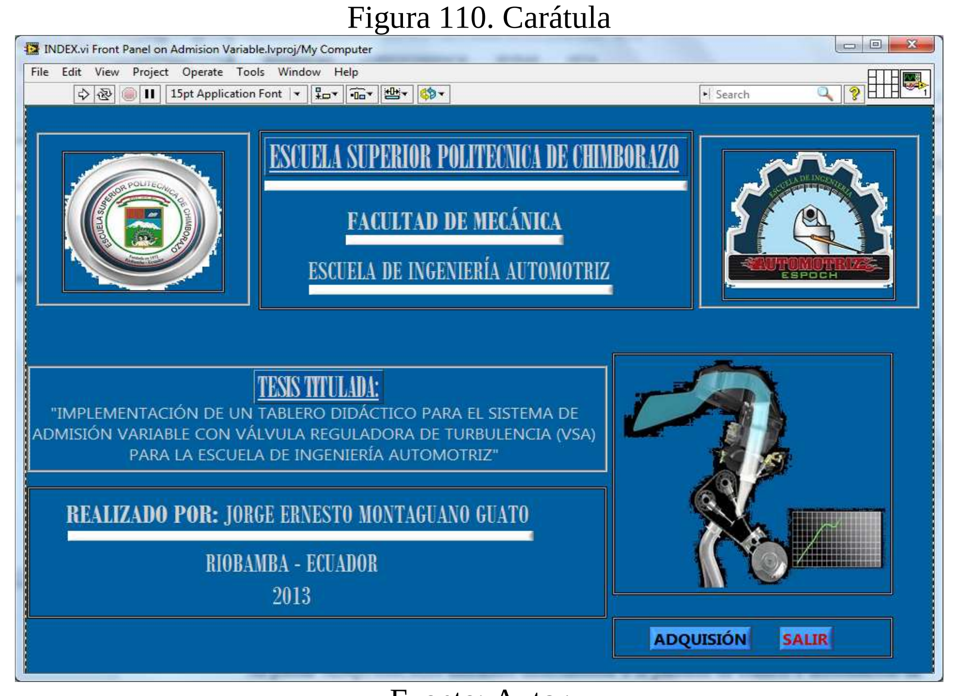
Figura 109. Cable USB de Tipo AB

Fuente: http://www.superrobotica.com/Images/S350177big.JPG

El cable conector USB Tipo A debe estar conectado en a la computadora, el otro extremo del cable USB Tipo B al módulo electrónico. Al iniciar la comunicación con el interfaz de LabVIEW al módulo electrónico del tablero nos aparece:

Índex o caratula: contiene datos informativos de la tesis, aparte se puede visualizar dos pulsadores ADQUISICIÓN, SALIR.

Figura 110. Carátula

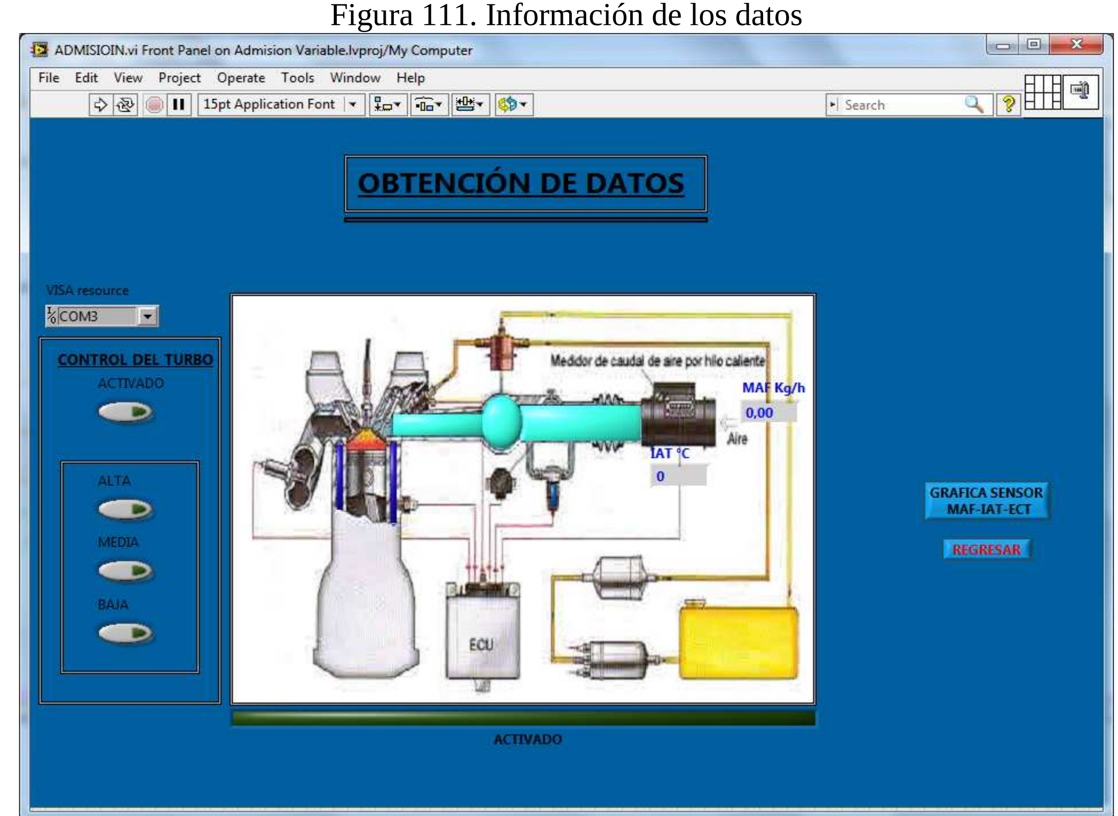


Fuente: Autor

Al pulsar ADQUISICIÓN entramos directamente a la pantalla de obtención de datos dónde se tiene el control e información de los datos, en cambio sí pulsamos SALIR se cierra el programa terminando el proceso y la comunicación con el módulo del tablero.

Para saber si tenemos comunicación entre el módulo del tablero y la computadora se tiene una barra de color verde oscuro si se observa que cambio de color a verde claro se tiene comunicación anteriormente explicada. Y se empieza a recibir información, de temperatura y de masa de aire que está pasando por el sistema de admisión variable.

Figura 111. Información de los datos

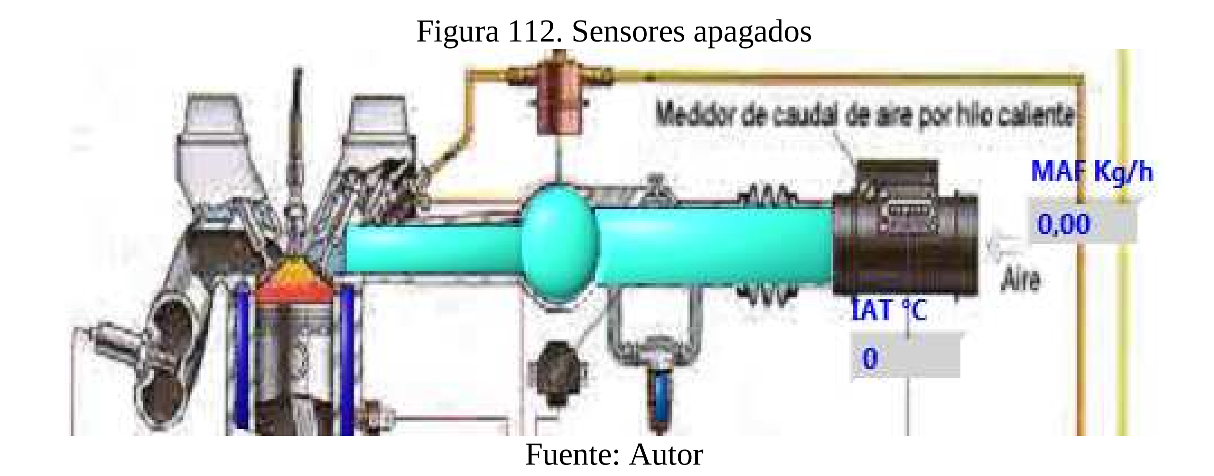


Fuente: Autor

Para el control del turbo sede en software SDA se presiona el botón de ACTIVADO, después se presiona cualesquiera de los pulsadores con la designación de ALTA, MADIA, BAJA. En el VI ADMISIÓN dónde se tiene la obtención de datos, para tener el control del turbo en sus tres velocidades ALTA, MEDIA, BAJA.

Dependiendo de requerimientos de la práctica, la información en pantalla detalla el flujo Kilogramos/hora (kg/h) y la temperatura de aire en grados centígrados °C. (Figura 112)

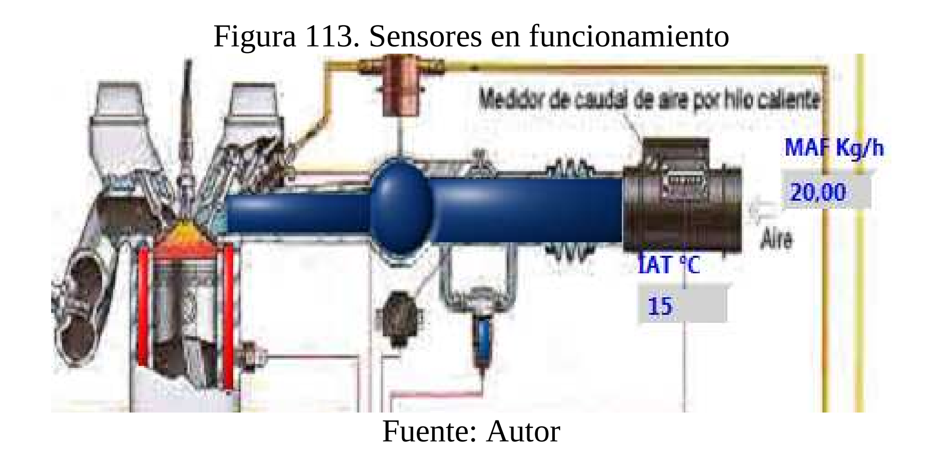
Figura 112. Sensores apagados



Fuente: Autor

Al pasar flujo dentro del sistema de admisión varía los datos del sensor MAF-IAT. El color dónde muestra el conducto también cambia de celeste a azul.

Figura 113. Sensores en funcionamiento



Fuente: Autor

Al girar el potenciómetro que se encuentra situado en el módulo de control simula la temperatura del motor y se observa en la pantalla el cambio de color de azul (frio) a rojo (caliente).

Figura 114. Demostración del motor en frio y caliente

Frio Caliente

Fuente: Autor

4.7 Guía de laboratorio

4.7.1 *Guías de práctica de laboratorio a implementarse con el equipo*

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

GUÍA DE LABORATORIO PARA EL SISTEMA DE ADMISIÓN VARIABLE

PROFESOR: ______________________ ASIGNATURA: ___________________

NOMBRE: ________________________ CÓDIGO: ________________________

FECHA: __________________________ GUIA Nº: ________________________

TEMA:

Reconocimiento de las partes que conforma el sistema de admisión variable.

OBJETIVOS:

- Identificar los componentes del sistema de admisión variable.
- Entender el funcionamiento que cumple cada parte del sistema de admisión variable.

HERRAMIENTAS Y EQUIPOS A UTILIZAR:

Tablero del sistema de admisión variable.

ESQUEMA:

Caja del filtro de aire.
Filtro de aire.
Sensores MAF-IAT
Conductos de aire

Turbocompresor.
Intercooler
Colector de admisión variable

REVISIÓN TEÓRICA:

CAJA DE FILTROS: éste elemento alberga un filtro de aire, también protege de las impurezas, humedad que existe en la atmosfera. Evitando que se introduzca directamente al motor.

FILTRO DE AIRE: su función principal es retener partículas como polvos, arenas, mantiene libre de impurezas los sensores MAF-IAT y prolongando la vida útil del motor.

SENSORES MAF-IAT: el sensor MAF mide el flujo de aire que entra al motor, el sensor IAT mide la temperatura del aire.

CONDUCTOS DE AIRE: direcciona el aire previamente filtrado al turbo posteriormente al intercooler y finalmente al colector de admisión el cual distribuye a cada uno de los cilindros.

TURBO: trabaja mediante la fuerza ejercida por los gases de escape que acciona a la turbina que está unida al eje con la rueda del compresor, los altos giros que se encuentra sometido permite elevar la presión del aire de esta forma permite elevar la presión del motor.

INTERCOOLER: su función basa en disminuir la temperatura que va a entrar al motor con lo cual se mejora el rendimiento volumétrico.

COLECTOR DE ADMISIÓN VARIABLE: Distribuye el aire a cada uno de los orificios de cada cilindro que se encuentra constituido el motor, y mejorar el llenado en altas y bajas RPM.

PROCEDIMIENTO:

Por medio de la lectura del capítulo 2 se podrá obtener mejor entendimiento teórico de las partes que conforma el sistema de admisión variable.

TEST DE CONOCIMIENTOS:

¿Cuáles son las partes del sistema de admisión?

¿En que influye los pasajes de mayor y menor diámetro el los colectores de admisión?

¿Qué tipos de tomas de aire existe?

¿Qué función cumple el depurador y el filtro de aire?

¿Cuál es la función de los sensores MAF-IAT y las curvas de trabajo?

¿Cuál es la función del turbo y de qué forma inciden los gases de escape a la turbina?

¿Que se obtiene al enfriar al aire de admisión (densidad, presión) por medio del intercooler?

¿Qué función cumple el colector de admisión?

CONCLUSIONES:

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

GUÍA DE LABORATORIO PARA EL SISTEMA DE ADMISIÓN VARIABLE

PROFESOR: ______________________ ASIGNATURA: ___________________

NOMBRE: ________________________ CÓDIGO: ________________________

FECHA: __________________________ GUIA Nº: ________________________

TEMA:

Toma de datos del tablero didáctico de los sensores MAF-IAT y funcionamiento de las válvulas o chapaletas.

OBJETIVOS:

- Toma de datos del sensor MAF
- Toma de datos del sensor IAT.
- Comportamiento de las válvulas o chapaletas en la simulación.

HERRAMIENTAS Y EQUIPOS A UTILIZAR:

Tablero del sistema de admisión variable.

Computadora.

Software SDA.exe

Cable USB de Tipo AB.

REVISIÓN TEÓRICA:

SENSOR MAF. Mide el caudal que ingresa a los cilindro en Kilogramos/hora (kg/h), permite a la ECM determinar la cantidad de combustible inyectar en cada cilindro al cambio de marcha en la transmisión.

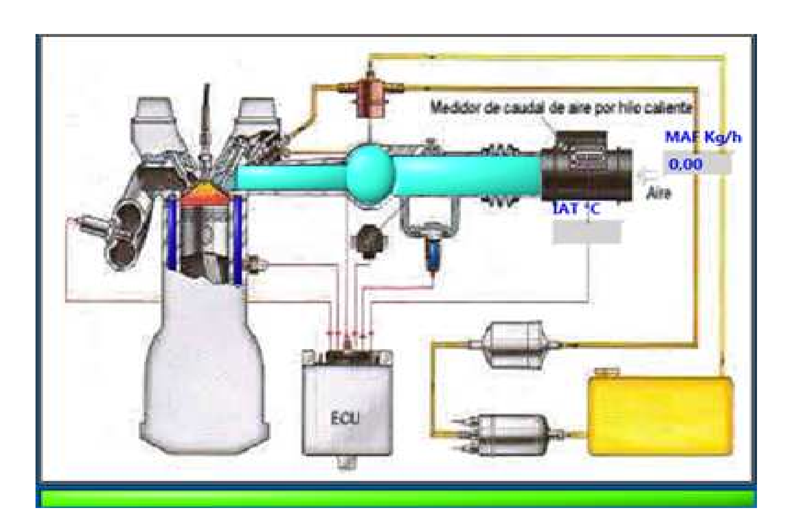
SENSORES IAT: es un termistor que funciona como resistencia cuando cae la tensión para informar a la ECM la temperatura ambiente que está ingresando al sistema de admisión.

PROCEDIMIENTO:

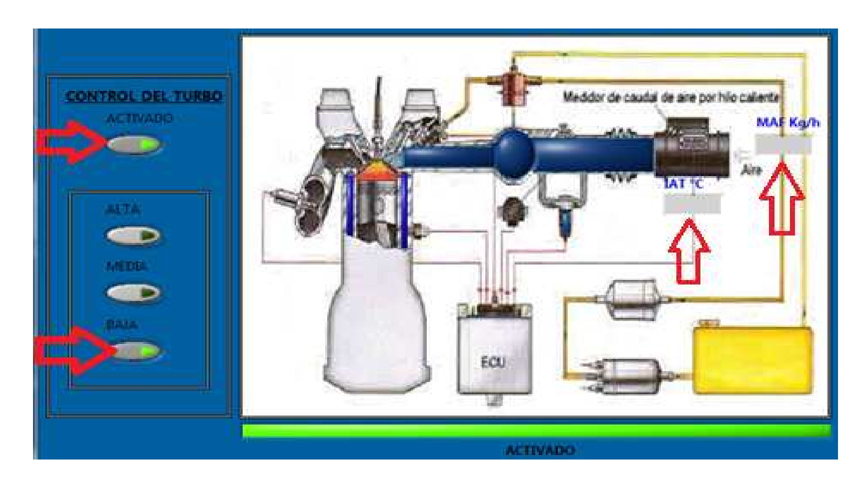
Previo a la lectura del manual del usuario en el Capítulo 4 se entenderá el funcionamiento del tablero didáctico para la toma de datos de los sensores y el funcionamiento de las válvulas o chapaletas.

Adquisición de datos

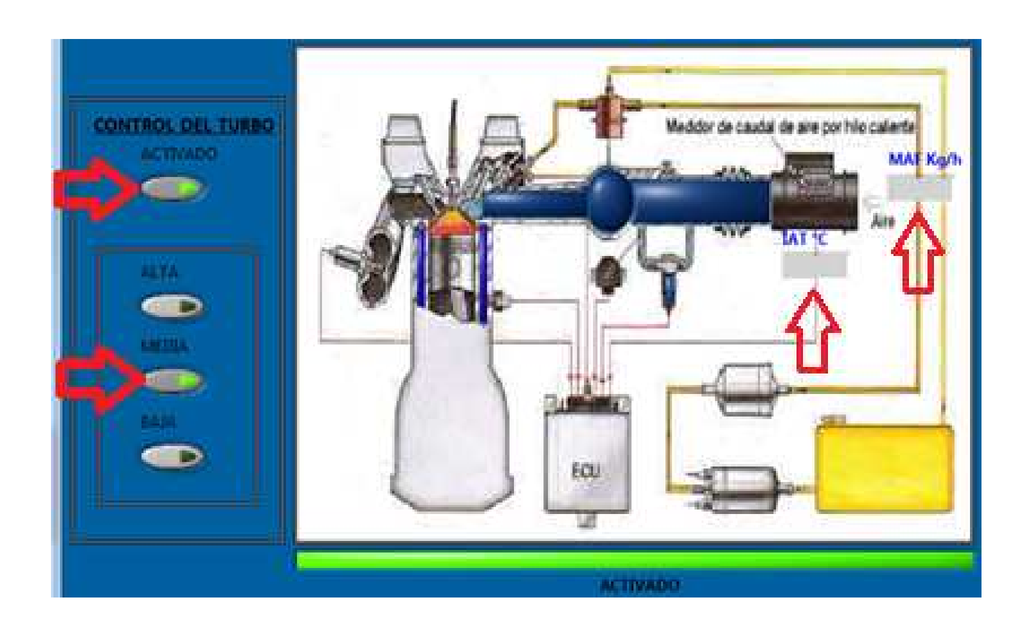
1 Toma de datos del sensor de temperatura IAT



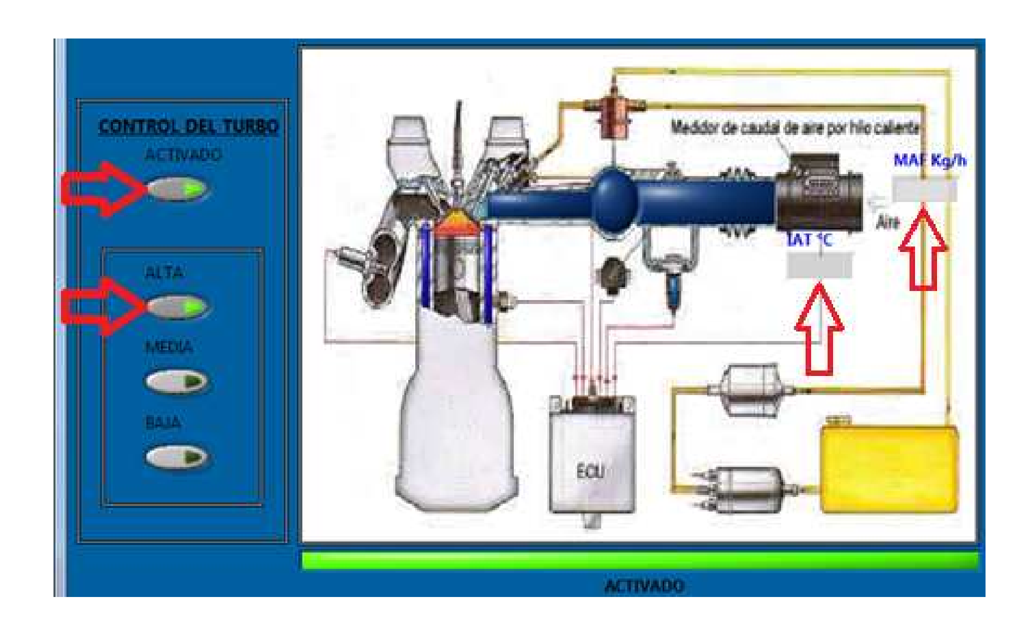
2 Toma de datos del sensor MAF-IAT. Control del turbo ACTIVADO flujo del turbo BAJA



3 Toma de datos del sensor MAF-IAT. Control del turbo ACTIVADO flujo del turbo MEDIA.



4 Toma de datos del sensor MAF-IAT. Control del turbo ACTIVADO flujo del turbo ALTA.



Funcionamiento de la válvula al variar la posición angular del potenciómetro y visualizar el en la ventana del software la simulación del cambio de temperatura.

CONCLUSIONES:

4.8 Plan de mantenimiento del tablero

Debido a que el banco didáctico posee elementos estáticos y móviles el mantenimiento de éste se limita a la lubricación de las lumbreras de admisión y del turbo además de un reajuste de los pernos de sujeción del banco según la siguiente tabla.

Tabla 12. Plan de mantenimiento

INSPECCIÓN	REVISIÓN	AJUSTE	TIEMPO
Lubricación de los ejes de las chapaletas	Pernos de sujeción y fijación del banco	Base del turbo	Cada mes
Estado de la banda del turbo		Pernos de sujeción de la placa electrónica	Cada mes
Nivel de lubricante del turbo			Cada tres meses

Fuente: Autor

La parte electrónica está libre de mantenimiento

4.9 Análisis de costos

COSTOS DIRECTOS

Tabla 13. Costos directos

SISTEMA DE ADMISIÓN	
DESCRIPCIÓN	**VALOR**
Depurador	40
Sensor MAF-IAT	200
Turbocompresor	900
Intercooler	375
Colector de admisión	350
Conductos	120

Tabla 13. (Continuación)

ELABORACIÓN DE SISTEMA DE ADMISIÓN VARIABLE	
Válvulas o chapaletas	40
Ejes de las válvulas	60
Palancas de los ejes	10
Barra principal.	25
Agujeros en el Colector de admisión	70
Base para el servomotor	20
Servomotor	120
Elaboración de la placa	90
CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO	
Construcción el tablero	240
Bases para el depurador	25
Base para el turbo	40
Base para el Intercooler	15
Base para el Colector de admisión	15
Base para el regulador de voltaje	10
TOTAL COSTOS DIRECTOS USD:	2765,00

Fuente: Autor

COSTOS INDIRECTOS

Tabla 14 Costos indirectos

DESCRIPCIÓN	VALOR
ASESORÍA TÉCNICA	
Cursos de programación	120
Curso de diseño	40
Mano de obra calificada	200
ESTADÍAS VIAJES Y ALIMENTACIÓN	
Estadías	50
Transporte	40
alimentación	40
TOTAL COSTOS INDIRECTOS USD:	490,00

Fuente: Autor

COSTOS TOTALES

Tabla 15. Costos totales

DESCRIPCIÓN	VALOR
Costos directos	2765,00
Costos indirectos	490,00
TOTAL COSTO PROYECTO USD:	3255,00

Fuente: Autor

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En el colector de admisión variable se realizaron los cálculos de diseño y construcción de los elementos que lo conforman como: las válvulas o chapaletas, eje de las válvulas, palancas de los ejes, la barra principal, y la selección del servomotor para que tenga un funcionamiento apropiado en el proyecto.

El software elaborado controla, procesa, informa el comportamiento de los sensores MAT-IAT y el sensor ECT está remplazado por un potenciómetro de 10KΩ el cual aparenta que indica el motor está caliente o frio. El software al recibir información del sensor ECT (potenciómetro) que el motor se encuentra frio varía la posición del ángulo del servomotor.

El tablero didáctico del sistema de admisión variable está basado en el principio de funcionamiento de todos los elementos que lo conforman: el depurador, los conductos de aire, sensores, turbo, intercooler y el múltiple de admisión, de acuerdo a como se encuentra constituido en un motor de combustión interna CRDI de forma tal que el estudiante interactúe en la funcionabilidad teórico-práctico.

Se realizó el diseñó una placa electrónica que acondicione las señales y sean recopiladas desde los sensores MAF-IAT mide el volumen (kg/h) y la temperatura (°C) para módulo de control, y también realiza el accionamiento de las válvulas para variar el área del conducto del colector de admisión e incrementa la velocidad del aire por el principio del Efecto Venturi, consiguiendo mejorar la turbulencia.

5.2 Recomendaciones

Usar éste sistema de admisión variable es apropiado para emplear en todos los vehículos de alto y bajo performance para reducir el impacto ambiental que se genera a poner el motor en temperatura de trabajo.

Tener instalado LabVIEW o el controlador Real-time de la National Instrument que es de libre descarga en la red para ejecutar el software del sistema de admisión variable SDA

Evitar mantener el banco prendido más de un minuto por que el motor sufre recalentamiento provocando averías, no manipular el turbo en funcionamiento ya que éste produciría accidentes.

Utilizar el manual de usuario y guía de laboratorio para tener control total sobre el mismo y poder manipular el tablero didáctico de forma segura.

BIBLIOGRAFÍA

AUTOMOTRIZ.net. 2006. Conocimientos básicos sistema de admisión. [En línea] 07 de 06 de 2006. [Citado el: 12 de 02 de 2013.] http://www.automotriz.net/cms/tecnica/conocimientos-basicos-parte-4/.

COELLO, Efrén. 2006. *Preparación de Motores de Competencia.* s.l. : Ediciones América, 2006. ISBN 9978-40-111-3.

EMBEDDED, Sistemas. 2013. Automática e Instrumentación. [En línea] Mayo de 2013. [Citado el: 2 de Agosto de 2013.] http://h2023029.stratoserver.net/raspbcn/aei451(42-57)tematica.pdf.

FLEETGUARD. 2009. Productos y sistemas para filtración. [En línea] 2009. [Citado el: 15 de Febrero de 2012.] http://www.cumminsfiltration.com/pdfs/product_lit/emea_brochures/LI33090-ES.pdf.

FLORES, RF Portilla. 2008. Diseño del múltiple de admisión. [En línea] 2008. [Citado el: 5 de Marzo de 2013.] dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1165/5/CAPITULO%20II.pdf.

GARZON, Jeronimo. 2012. Motores de combustión interna en automoción. [En línea] 18 de Diciembre de 2012. [Citado el: 25 de Febrero de 2013.] http://jeroitim.blogspot.com/2012/12/motores-de-combustion-interna-en_18.html.

JOHN DEERE. 2014. Sistema de Admisión de Aire del Motor. [En línea] 02 de 01 de 2014. [Citado el: 15 de 02 de 2014.] http://www.deere.com/wps/dcom/es_LA/services_and_support/tips/engines/air_intake_system_engine/air_intake_system_engine.page.

KAWASAKI. 2009. Sistema de Admisión de Aire. [En línea] 15 de Noviembre de 2009. [Citado el: 4 de Julio de 2013.] http://www.kawasakiloaders.com/downloads/training/Sistema_de_admision_-_Recomendaciones_de_Filtracion.pdf.

MANUAL DEL AUTOMÓVIL . 2001. *El motor de gasolina.* España : Cultural, S.A., 2001. ISBN 84-8055-266-2.

MEDINA, Jose. 2011. Análisis teorico: LabVIEW. [En línea] Julio de 2011. [Citado el: 17 de Febrero de 2013.] http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/13563/PFC_Jose_Rosado_Medina.pdf?sequence=1.

MEJIA, Alexis. 2013. SISTEMA ELECTRÓNICO. *SENSOR MAF.* [En línea] 2 de Junio de 2013. [Citado el: 5 de Agosto de 2013.] http://alexis-mr.blogspot.com/2013/06/sensor-maf.html.

—. 2013. SISTEMA ELECTRÓNICO. *SENSOR IAT.* [En línea] 3 de Junio de 2013. [Citado el: 15 de Agosto de 2013.] http://alexis-mr.blogspot.com/2013/06/sensor-iat.html.

Rcontrol Peru Tv. 2009. [En línea] 05 de Marzo de 2009. [Citado el: 19 de Abril de 2013.] http://rcontrolperu.blogspot.com/2009/03/mas-electronica-para-nuestros-helis.html.

TODOMOTORES CHILE. 2004. Sistema de Alimentación de Motor. [En línea] 2004. [Citado el: 12 de Febrero de 2013.] http://www.todomotores.cl/competicion/multiple_admision.htm.

Wikipedia. 2013. [En línea] 16 de Octubre de 2013. [Citado el: 17 de Noviembre de 2013.] http://es.wikipedia.org/wiki/Fuente_de_alimentaci%C3%B3n.

—. 2013. Potenciómetro. [En línea] 10 de Enero de 2013. [Citado el: 15 de Agosto de 2013.] es.wikipedia.org/wiki/Potenciómetro.

—. 2013. Servomotor de modelismo. [En línea] 11 de Marzo de 2013. [Citado el: 2 de Junio de 2013.] http://es.wikipedia.org/wiki/Servomotor_de_modelismo.